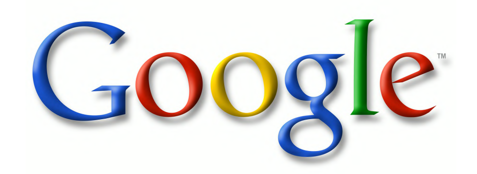
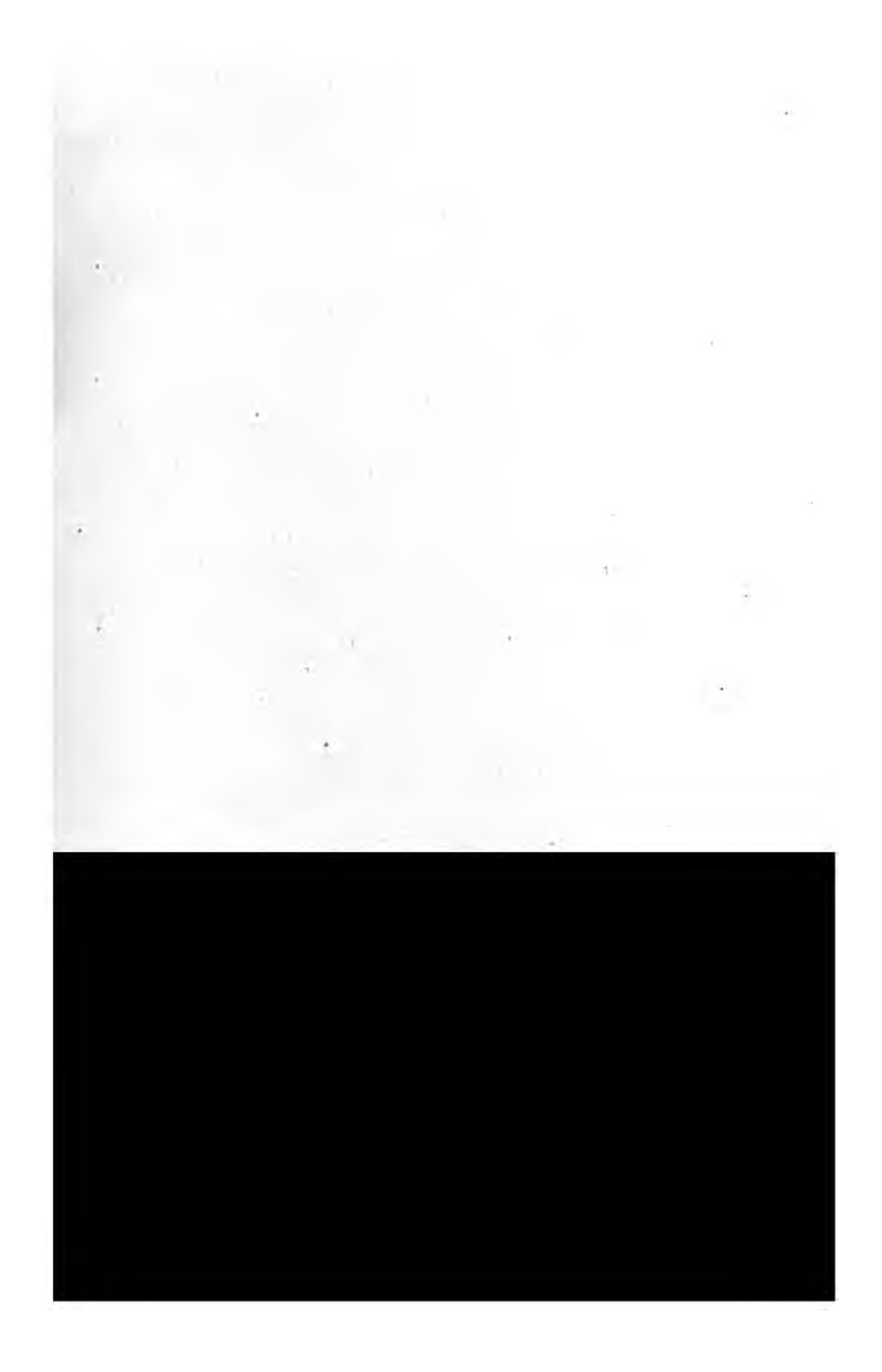




VEC

Krueger





HANDBUCH

DER

BAUSTOFFLEHRE.

ERSTER BAND.



HANDBUCH

DER

BAUSTOFFLEHRE.

FÜR ARCHITEKTEN, INGENIEURE
UND GEWERBETREIBENDE SOWIE FÜR SCHÜLER
TECHNISCHER LEHRANSTALTEN

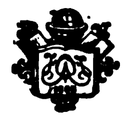
BEARBEITET

VON

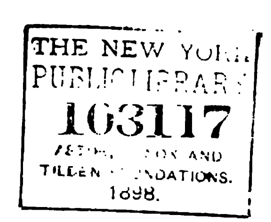
RICHARD KRÜGER.

IN ZWEI BÄNDEN MIT 443 ABBILDUNGEN.

ERSTER BAND.



WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG
1899.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
163117
TILDEN
1898.



VORREDE.

Das vorliegende Werk ist das Ergebniss einer dreijährigen, angestrengten Arbeit. Zu der Herausgabe der »Baustofflehre« wurde ich durch den Umstand veranlasst, dass es in der technischen Literatur noch an einem Werke fehlt, welches die neueren und neuesten Baustoffe ausführlich behandelt.

Bei meinen an verschiedenen technischen Lehranstalten über »Baustofflehre« gehaltenen Vorträgen, bei den Uebungen und mündlichen Prüfungen bin ich zu der Ueberzeugung gekommen, dass dem Studirenden ein Werk, in welchem er alles zu finden vermag, was die moderne Technik auf diesem Gebiete geleistet, zu weiteren Studien in die Hand gegeben werden muss, weil die im Unterrichtsplane für dieses Fach gewährte Zeit auch nicht annähernd genügt.

In Anbetracht der gewaltigen Fortschritte der Technik und der Naturwissenschaften ist ohne Zweifel ein fortgesetztes Studium dieses wichtigen Zweiges der Bauwissenschaft dringend erforderlich. In den letzten 15 Jahren — seit dem Erscheinen der letzten Auflage des anerkannt vortrefflichen Gottgetreuschen Werkes über Baustoffe — hat die Zahl der künstlichen Baustoffe in überraschender Weise zugenommen und es haben viele von ihnen eine sehr weite Verbreitung gefunden, so dass sich der Techniker mit den Eigenschaften und der zweckmässigsten Verwendung dieser Stoffe, auch mit der Herstellungsweise und Bearbeitung derselben vertraut machen muss, wenn er nicht in seinen Kenntnissen hinter der Zeit zurückbleiben und sich vor Schaden bewahren will.

Das vorliegende Werk behandelt neben den natürlichen Baustoffen (Stein, Holz u. s. w.) alle wichtigeren künstlichen und unter diesen sehr eingehend auch die in neuerer und in jüngster Zeit erfundenen. Um den Preis des Werkes nicht zu hoch zu gestalten und dadurch das Buch unverkäuflich zu machen, musste der Umfang desselben auf zwei Bände beschränkt werden; ich konnte daher über die Bearbeitung der Baustoffe nur das Nothwendigste bringen.

Bei der Beurtheilung der Güte der Baustoffe musste ich mich, sofern mir nicht eigene Erfahrungen zu Gebote standen, auf das Urtheil angesehener Techniker und auf die Ergebnisse der von staatlichen Prüfungsstationen für Baustoffe angestellten Untersuchungen stützen. In allen denjenigen Fällen, in

welchen ich eine unparteiische Auskunft trotz aller Bemühungen nicht erhalten konnte, musste ich mich an die Patentschriften und an die Broschüren der Erfinder halten; der aufmerksame Leser wird aus der Form meines Referates leicht erkennen, bei welchen Baustoffen dies nothwendig gewesen.

Ein so umfangreiches und schwieriges Gebiet zweckentsprechend zu bearbeiten, übersteigt die Kraft und die Kenntnisse des Einzelnen und erfordert die Unterstützung von Fachgenossen. Und diese Hilfe ist mir in reichstem Masse zutheil geworden. Nicht nur hat mir eine grosse Zahl von Fabrikanten die erbetene Auskunft bereitwilligst ertheilt und mir Zeichnungen oder Clichés zur Verfügung gestellt, sondern es waren auch einige Fachgenossen so gütig, mir mit Rath und That treu zur Seite zu stehen und einzelne Capitel meines Werkes vor der Drucklegung einer Durchsicht zu unterziehen. Alle Herren, mit denen ich des Buches wegen in brieflichem Verkehre gestanden, hier namhaft zu machen, verbietet die sehr grosse Zahl derselben; ich verfehle jedoch nicht, ihnen allen nochmals an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen!

Zu besonderem Danke bin ich dem Chemiker Herrn Dr. phil. Peter Knudsen in Bremen verpflichtet, welcher die in meinem Werke besprochenen chemischen Vorgänge auf das Sorgfältigste prüfte, sowie den Herren Maschineningenieuren Max Lilge und Hermann Wilda, beide in Bremen, die mir beim Correcturenlesen behilflich waren.

Erleichtert wurde mir die Ausarbeitung des Buches auch noch dadurch, dass mir die reichhaltige, von Herrn Dr. phil. Monke in Görlitz gelieferte Baustoffsammlung des Technikums der freien Hansestadt Bremen zur Verfügung stand.

Die Specialwerke, Broschüren, Zeitschriften, welche ich bei der Aus-

Inhalts-Verzeichniss des ersten Bandes.

ERSTER THEIL.

Die Hauptstoffe.

Erstes Capitel.

Die natürlichen Gesteine und die Erden.

A. Einleitung.

Seite

II. Gemengte krystallinische Gesteine.

A. Plutonische und metamorphische.

B. Vulkanische, krystallinische Gesteine.

III. Klastische Gesteine oder Trümmergesteine.

Viertes Capitel.

Die Metalle.



ERSTER THEIL.

Die Hauptstoffe.

Erstes Capitel.

Die natürlichen Gesteine und die Erden.*)

A. Einleitung.

§ 1. Eintheilung der Baustoffe.

Die Baustoffe werden eingetheilt in:

I. Hauptstoffe. Zu ihnen gehören die natürlichen und künstlichen Steine, die Hölzer und die Metalle.

II. Verbindungsstoffe. Zu ihnen rechnet man die Luft- und Wassermörtel, die Kitte und den Asphalt.

III. Nebenstoffe oder Hilfsstoffe. Es sind dies: das Glas, die Farbstoffe und Firnisse, der Theer, die Dachpappe, der Kautschuk, die Guttapercha, die Taue, das Rohr und das Moos.

Die Hauptstoffe finden vorzugsweise Verwendung zu tragenden und raumumschliessenden Constructionen, die Verbindungsstoffe zur innigen Vereinigung der Flächen zweier oder mehrerer, zu einer Construction vereinigten Baustoffe oder zur Herstellung eines Ueberzuges (z. B. eines Putzes zum Schutze gegen Kälte und Feuchtigkeit) und die Nebenstoffe zum inneren Ausbau sowie zu mannigfachen nebensächlicheren Arbeiten.

---

*) Ausführlicheres über diesen Gegenstand findet man in dem Werke des Verfassers: »Die natürlichen Gesteine, ihre chemisch-mineralogische Zusammensetzung, Gewinnung, Prüfung, Bearbeitung und Conservirung.« A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek, Bd. CLXXIV und CLXXV. Wien 1889. — Benutzt wurden bei der Ausarbeitung dieses Capitels noch folgende Werke:

Gottgetreu, Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien u. s. w. Berlin 1880. 3. Aufl. Bd. I, S. 1—202.

Handbuch der Architektur. Darmstadt 1895. Th. I. Bd. I, S. 65—92.

Dr. Hornstein, Kleines Lehrbuch der Mineralogie. 1875.

Dr. Herm. Zwick, Die Natur der Ziegelthone und die Ziegelfabrikation der Gegenwart. Wien 1894. 2. Aufl.

Dr. Mothes, Illustrirtes Baulexikon. Leipzig 1883. 4. Aufl.

Verschiedene (im Text angeführte) Zeitschriften u. s. w.

§ 2. Die wichtigsten chemischen Bestandtheile der Gesteine.

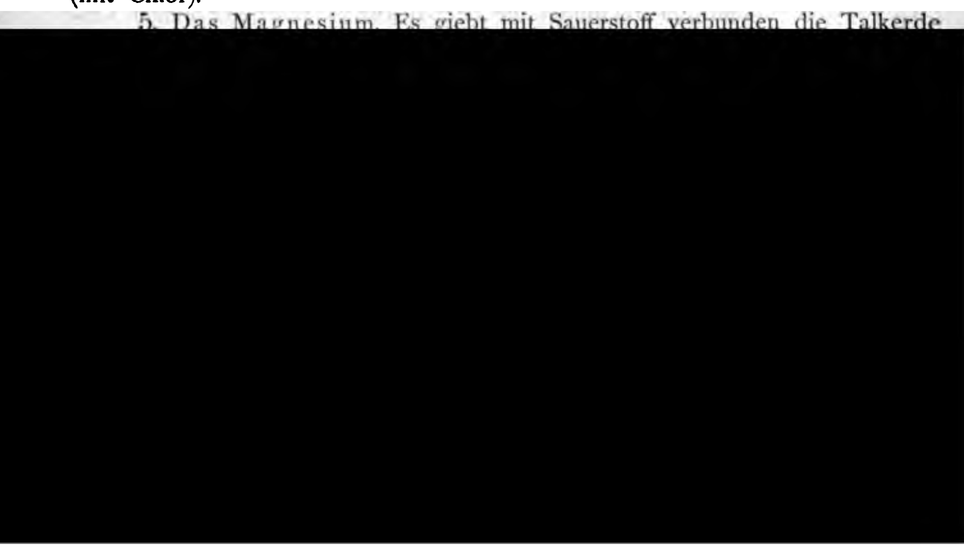
Die natürlichen Gesteine sind anorganische, grösstentheils aus einem Gemenge verschiedener Mineralien bestehende Theile der Erdrinde. Sie sind entweder frei von Versteinerungen oder besitzen Ueberreste von Thier- und Pflanzenkörpern. Die wichtigsten chemischen Bestandtheile der Mineralien sind folgende:

1. Der Sauerstoff. Er bildet mit Kiesel (Silicium) den Bergkrystall (Quarz) und die Kieselsäure, welche mit Kali, Natron, Kalk-, Thon-, Talkerde u. s. w. verbunden den hauptsächlichsten Bestandtheil der Erdrinde darstellt. Sauerstoff mit Kohlenstoff giebt die Kohlensäure, die in grossen Massen in Verbindung mit Kalkerde, Talkerde und Eisenoxydul auftritt und mit diesen einen grossen Theil der Kalksteingebirge bildet. Sauerstoff und Wasserstoff liefern das Wasser, das z. B. im Gyps und Serpentin in grösserer Menge und selbst in sehr dichten Gesteinen (als sogenannte Bergfeuchtigkeit) vorkommt. Sauerstoff und Stickstoff bilden die Salpetersäure, welche selbst die festesten Gesteine zerstören kann und z. B. den gefürchteten Mauerfrass erzeugt. — Der frei vorkommende und in Verbindungen enthaltene Sauerstoff macht dem Gewichte nach ungefähr ein Drittel des bekannten Theiles der Erdrinde aus.

2. Der Kohlenstoff. Er bildet im reinen Zustande den Diamant, ist der Hauptbestandtheil von Graphit, Anthracit, Stein- und Braunkohle, Holzkohle und Torf, Bernstein, Asphalt und kommt in verschiedenen Gesteinen, z. B. im bituminösen Schiefer vor.

3. Der Schwefel. Er liefert im reinen Zustande den Schwefel (Stangenschwefel, Schwefelblumen, Schwefelfäden), in Verbindung mit Metallen den Schwefelkies (Eisenkies), den Kupferkies, den Bleiglanz, die Zinkblende u. s. w., mit Sauerstoff die Schwefelsäure, mit Wasserstoff den Schwefelwasserstoff. Er findet sich z. B. im Gyps, Kalkstein und Mergel und beschleunigt die Verwitterung der Gesteine.

4. Das Kalium und das Natrium. Ersteres findet man z. B. im Feldspath und im Glimmer, das Natrium im Feldspath und im Kochsalz (mit Chlor).



Manganoxyduloxyd, Manganoxyd, Manganhydroxyd und Manganhyperoxyd), welche hauptsächlich die färbenden Stoffe der Gesteine bilden, aber zum Theil auch als Erze (z. B. Roth-, Magnet- und Brauneisenstein) vorkommen.

Die übrigen chemischen Grundstoffe haben nur in einem geringeren Maasse an der Bildung der Gesteine Antheil genommen und können deshalb unberücksichtigt bleiben.

§ 3. Die wichtigsten Mineralien.

Zu den wichtigsten Mineralien rechnet man:

1. Den Feldspath. Man unterscheidet: Orthoklas oder Kalifeldspath (aus Kieselsäure, Thonerde und Kalium bestehend), Albit oder Natronfeldspath (aus Kieselsäure, Thonerde und Natrium zusammengesetzt) und Anorthit oder Kalkfeldspath (aus Kieselsäure, Thonerde und Kalk gebildet). Abarten des Orthoklas: Adular (edler Feldspath), Eisspath (Mondstein), gemeiner Feldspath (Pegmatolith) und Sanidin (glasiger Feldspath), — des Albit und Anorthit: Oligoklas (Kalknatronfeldspath), Periklin, Andesin und Labrador.

Albit und Anorthit (oft auch nur ihre Abarten Oligoklas und Labrador) werden von den Mineralogen auch zusammen mit Plagioklas bezeichnet.

2. Den Leuzit aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kalium.

3. Den Nephelin mit den Bestandtheilen: Natrium, Kalium, Thonerde und Kieselsäure. Abart: Eläolith.

4. Den Glimmer. Man unterscheidet: Kaliglimmer (weissen Glimmer) aus Kalium, Thonerde und Kieselsäure, Kalkglimmer (Margarit) aus Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde, Natronglimmer (Paragonit) aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Natrium, Lithionglimmer, einen Kaliglimmer mit geringem Gehalt an Lithion, Fluor u. s. w., Magnesiumglimmer (schwarzen Glimmer) aus Magnesia, Kalium, Thonerde, Eisenoxyd und Kieselsäure.

5. Den Quarz (Kieselsäureanhydrit); häufig verunreinigt und gefärbt durch kleine Beimengungen von Eisenoxyd und anderen Oxyden, auch Kohlenstoff u. s. w. Abarten: die Halbedelsteine Bergkrystall, Rauchtopas, Amethyst, Aventurin, Katzenauge, Chalcedon, Achat, ferner der Eisenkiesel (mit rothem und gelbem Eisenocker), der Stinkquarz (mit Bitumen) u. s. w.

6. Die Hornblende (Amphibol), deren chemische Zusammensetzung sehr schwankend ist. Sie enthält: Kalk, Magnesia, Eisen und Thonerde. Man unterscheidet aber thonerdehaltige und thonerdefreie Hornblende. Zu der ersteren rechnet man die gemeine und die basaltische Hornblende. Weitere Abarten sind: der Strahlstein oder Aktinolith, der Grammatit (Tremolit, Kalamit), Amphibol-Asbest oder Amiant u. s. w. Der Hornblende verwandt und von ihr schwer zu unterscheiden ist der Augit; auch Turmalin wird mit Hornblende leicht verwechselt.

7. Den Turmalin (Schörl), ein aus Thonerde, Eisen- und Manganoxydul, Kalkerde, Magnesia, Kalium, Natrium, Lithium, Fluor, Phosphorsäure, Kieselsäure, Borsäure und Wasser bestehendes Mineral, dessen chemische Zusammensetzung eine sehr verwickelte und wechselnde ist.

8. Den Augit (Pyroxen), aus kieselsaurer Kalkerde und kieselsaurer Magnesia bestehend, statt der Kieselsäure auch Thonerde, Kalkerde oder

Eisenoxydul führend. Abarten: gemeiner oder thonerdehaltiger Augit und Kokkolith, thonerdefreier Diopsid, Diallag, Hypersthen, Bronzit, Enstatit.

9. Den Chlorit aus kieselsaurer Thonerde mit kieselsaurer Magnesia oder aus kieselsaurem Eisenoxydul.

10. Den Talk aus Kieselsäure, Magnesia und etwas Wasser bestehend und statt eines Theiles der Magnesia auch Eisenoxydul oder Thonerde führend. Abart: Speckstein (dichter Talk).

11. Den Serpentin aus kieselsaurer Magnesia und Wasser. Abarten: edler Serpentin, gemeiner Serpentin, Chrysotil (faseriger Serpentin oder Serpentin-Asbest), Pikrolith.

12. Das Kaolin (Porzellanerde), ein Zersetzungsproduct besonders des Orthoklas und verwandter Mineralien. Es bildet, gemengt mit mehr oder weniger Sand und Kalk, den Thon, die Lette und den Lehm.

13. Den Dolomitspath (Bitterspath, Braunspath) aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia bestehend, häufig auch kohlensaures Manganoxydul und kohlensaures Eisenoxydul enthaltend. Abart: Ankerit.

14. Den Kalkspath (Calcit) aus kohlensaurem Kalk, meistens mit geringen Beimengungen von Magnesia, Eisenoxydul, Manganoxydul und Zinkoxyd.

15. Den Aragonit (aragonischen Kalkspath) aus kohlensaurem Kalk, häufig mit Beimengungen von kohlensaurem Strontian, seltener mit kohlensaurem Blei und kohlensaurer Magnesia. Aragonit ist mit dem Kalkspath innig verwandt. Abarten: Sprudelstein, Erbsenstein.

16. Den Gyps, ein Zersetzungsproduct von Kalksalzen (besonders vom kohlensauren Kalk) durch Schwefelsäure; sehr verbreitet. Abarten: Alabaster, Marienglas (Fraueneis), Fasergyps, Schaumgyps.

17. Den Anhydrit aus wasserfreiem, schwefelsaurem Kalk. Durch Auf nahme von Wasser verwandelt er sich in Gyps. Abarten: Vulpinit, Gekrösestein.

18. Den Granat, mit sehr schwankender chemischer Zusammensetzung. Nach den metallischen Bestandtheilen unterscheidet man: den Eisenthongranat (den edlen Granat, Almandin, Karfunkel), den Kalkthongranat (weissen Granat, Leukogranat, Hessonit, Caneelstein, Grossular), den Talk-Thongranat (Pyrop oder böhmischen Granat), den Mangan-Thongranat (Spessartin), den Kalkeisengranat (gemeinen Granat, Melanit), den Kalkchromgranat (Uwarowit). Noch zu erwähnen ist der Kolophonit, eine Verbindung des Talkthongranat und des Kalkeisengranat.

19. Den Disthen (Cyanit, Rhäticit) aus Thon- und Kieselerde, zuweilen mit etwas Eisenoxyd.

20. Das Steinsalz (Edelsteinsalz, Kochsalz) aus Natrium und Chlor und mit Beimengungen von Chlormagnesium und Chlorkalium. (Es ist sehr verbreitet, bildet Berge, Felsen, Stöcke und gewaltige Lager im Erdinneren und in Wüsten. Salz fehlt in keiner Gesteinsformation und in keinem Wasser, selbst Regenwasser enthält Spuren davon.)

21. Den Schwefelkies (Eisenkies, Pyrit) aus Eisen und Schwefel; er verwittert leicht zu Eisenvitriol. Schwefelkies ist ein sehr verbreitetes metallisches Mineral.

22. Den Magnetkies (Pyrrhotin) aus Eisen und Schwefel in verschiedener Zusammensetzung, oft auch etwas Nickel enthaltend.

23. Den Magneteisenstein aus Eisenoxyduloxyd.

24. Den Brauneisenstein aus Eisenoxydhydrat. Letzteres bildet mit Thon vermengt den braunen Thoneisenstein oder gelben Ocker und das Bohnerz, ferner mit Thon, Sand, Phosphorsäure und Schwefel den Raseneisenstein.

25. Das Rotheisenerz (Hämatit) aus Eisenoxyd, bisweilen mit geringen Mengen von Titansäure, Thonerde und Kieselerde. Abarten: Eisenglanz, Eisenglimmer, rother Glaskopf, Blutstein, Rotheisenocker (Röthel).

26. Die Zinkblende aus Zink und Schwefel.

27. Den Bleiglanz aus Blei und Schwefel, bisweilen auch etwas Silber enthaltend.

28. Den Graphit aus Kohlenstoff, mehr oder weniger verunreinigt durch Eisenoxyd, Kieselerde, Thon u. s. w.

29. Den Anthracit (Kohlenblende) aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Asche.

Noch zu erwähnen sind: Baryt (Schwerspath), Beryll (Smaragd), Boracit, Gold, Silber, Kupfer, Zinnober (Quecksilber), Olivin (Chrysolith), Platinerz, Flussspath, Apatit, Staurolith, Titanit, Spateisenstein und die wichtigen Brennstoffe Steinkohle und Braunkohle.

B. Einige Eigenschaften der Mineralien, beziehungsweise der natürlichen Gesteine.

§ 4. Das absolute und specifische Gewicht.

Man unterscheidet absolutes und specifisches Gewicht (Eigengewicht) Das absolute Gewicht gibt den Druck an, welchen ein Körper auf seine Unterlage ausübt; es wird hervorgerufen durch die auf die Masse des Körpers einwirkende Schwerkraft.

Unter dem specifischen Gewichte eines Körpers versteht man das Verhältniss seines Gewichtes zu dem Gewichte eines gleichen Volumens Wasser, das chemisch rein (destillirt) ist und eine Temperatur von $+ 4^0$ *C.* (genau: $3{\cdot}945^0$ *C.*) besitzt, bei welcher es seine grösste Dichtigkeit erreicht.

Bezeichnet man mit q das specifische Gewicht des Körpers und mit J seinen Rauminhalt (in Cubikdecimetern oder Litern), so ist sein absolutes Gewicht $= Jq$. Da man das Gewicht von 1 *l* reinen Wassers (im Maximum seiner Dichtigkeit) als Einheit (= 1 *kg*) annimmt, so braucht man bei festen Körpern nur das absolute Gewicht (nach Kilogrammen) durch Wägung und den Rauminhalt (nach Litern) durch Messung oder Berechnung festzustellen und das absolute Gewicht durch den Rauminhalt zu theilen, um das specifische Gewicht zu ermitteln.

Man bedient sich aber auch zu dieser Ermittelung einiger Instrumente, von denen das Pyknometer, das Aräometer und die hydrostatische Waage hervorzuheben sind.

Tabelle der specifischen Gewichte einiger Mineralien, Gesteine, Erden u. s. w.*)

1. Achat	2·59	6. Anthracit	1·4—1·7
2. Alabaster	2·70	7. Antimon	6·71
3. Alaun (Kali-)	1·70	8. Antimonglanz	4·6—4·7
4. Aluminium, gehämmert	2·70	9. Apatit	3·16—3·22
5. Aluminium, geschmolzen	2·56	10. Asbest, im Mittel	2·5

*) Die specifischen Gewichte der Hölzer sind im dritten, die der Baumetalle im vierten Capitel dieses Werkes aufgeführt.

11. Asphalt . . . . 1·1—1·2
12. Basalt . . . . 2·88—3·3
13. Bergkrystall . . . . . . 2·6
14. Bernstein . . . . 1·0—1·1
15. Bimsstein, fest . . . . . 0·9—1·65
16. Bimsstein, gepulvert . . . 2·2—2·5
17. Bimssteintuff . . . . . . 1·25
18. Bittersalz . . . . 1·7—1·8
19. Blätterkohle . . . . . . 1·2—1·5
20. Blutlaugensalz (gelbes) . . 1·83
21. Bolus . . . . 2·2—2·5
22. Bor . . . . 2·68
23. Boracit . . . . 2·9—3·0
24. Borax . . . . 1·7—1·8
25. Boraxglas . . . . 2·6
26. Braunkohle . . . . 1·2—1·4
27. Braunstein . . . . 4·7—5·0
28. Buntsandstein . . . . . . 2·4—2·55
29. Cannelkohle . . . . . . 1·21—1·5
30. Conglomerate, im Mittel . 2·2
31. Diabas, im Mittel . . . . 3·0
32. Diamant . . . . 3·5
33. Diorit . . . . 2·8—3·0
34. Dolerit . . . . 2·56—3·1
35. Dolomit . . . . 2·85—2·95
36. Erde, lehmige, festgestampfte, frisch . . . . . 2·06
37. Erde, lehmige, festgestampfte, trocken . . . . 1·63
38. Erde, mager, trocken . . 1·34
39. Erdpech, elastisch . . . . 0·8—1·23
40. Feldspath . . . . 2·53—2·58
41. Felsitporphyr . . . . . . 1·55—2·793
42. Feuerstein . . . . 2·59—2·61
43. Flussspath . . . . 3·1—3·2
44. Gabbro . . . . 2·7—3·03
45. Gartenerde, frisch . . . . 2·05
46. Gartenerde, trocken . . . 1·63
47. Glanzkohle . . . . 1·2—1·5

70. Kaolin . . . . 2·2
71. Kies . . . . 1·5—1·8
72. Kochsalz . . . . 2·1—2·2
73. Kohlensandstein . . . . 2·58—2·85
74. Kreide, weisse . . . . 1·8—2·6
75. Kupferglanz . . . . . 5·5—5·8
76. Kupferkies . . . . . . 4·1—4·3
77. Kupfervitriol . . . . . 2·2—2·3
78. Lava . . . . 0·7—2·6
79. Lehm, trocken . . . . 1·52
80. Lehm, frisch gegraben . 1·67—2·85
81. Magnesia . . . . 3·20
82. Magnesium . . . . . . 1·74
83. Magnetkies . . . . . . 4·54—4·64
84. Malachit . . . . 3·7—4·1
85. Marmor . . . . 2·52—2·85
86. Meerschaum . . . . . . 0·988—1·279
87. Melaphyr . . . . 2·5—2·8
88. Mennige . . . . 8·4—8·7
89. Mergel, erdig . . . 2·3
90. Mergel, hart, dicht . . . 2·5
91. Mühlsteinquarz . . . . 1·25—1·60
92. Natrium, rein . . . . . 0·97
93. Natronsalpeter . . . . . 2·26
94. Obsidian . . . . 2·3—2·5
95. Pech . . . . 1·07
96. Pechstein . . . . 2·2—2·3
97. Perlstein . . . . 2·36—2·45
98. Phonolith . . . . 2·5—2·7
99. Platin 21.5
100. Polierschiefer . . . . . 2·1
101. Porphyr . . . . 2·4—2·8
102. Porzellanerde . . . . . 2·2
103. Pottasche (kohlensaures Kalium) . . . . . 2·264
104. Quadersandstein, im Mittel 2·15
105. Quarz . . . . 2·5—2·8
106. Quarzit (Quarzfels) . . . 2·5—2·8
107. Quarzporphyr . . . . . . 1·55—2.793

130. Topfstein (Talkschiefer) . 2·77—3·02	134. Trachyt . . . . 2·55—2·68
131. Torf, trocken . . . . . 0·51	135. Tuff (Leucit-) . . . . . 1·5
132. Torf, erdig . . . . . 0·64	136. Tuff (Porphyr-, Felsit-) . 1·75—2·2
133. Torf mit Pech . . . . 0·84	137. Turmalin . . . . 2·94—3·24

§ 5. Die Härte.

Härte nennt man den Widerstand, welchen ein Körper dem Eindringen eines festen Körpers (durch Druck, Ritzen, Schlagen u. s. w.) entgegensetzt. Von zwei Körpern ist derjenige der härtere, welcher den anderen mit einer Kante oder Spitze zu ritzen vermag, ohne von diesem selbst geritzt zu werden.

Professor Mohs hat zehn Mineralien ausgewählt, von denen immer das folgende härter als das vorhergehende ist. Diese bilden eine Scala von zehn Härtegraden, die durch Nummern bezeichnet werden.

Härte 1: Talk (mit dem Fingernagel leicht zu ritzen);
Härte 2: Gyps oder Steinsalz (mit dem Fingernagel schwer zu ritzen);
Härte 3: Kalkspath (mit dem Messer leicht zu schaben);
Härte 4: Flussspath (mit dem Messer schwer zu schaben);
Härte 5: Apatit (mit dem Messer fast nicht mehr zu schaben, giebt am Stahl keine Funken);
Härte 6: Orthoklas (giebt am Stahl einzelne Funken);
Härte 7: Quarz (giebt am Stahl lebhafte Funken);
Härte 8: Topas;
Härte 9: Korund;
Härte 10: Diamant (ritzt alle Körper und wird selbst von keinem anderen Körper geritzt).

Breithaupt hat eine andere, zwölf Härtegrade umfassende Scala aufgestellt, welche lautet:

1. Talk, 2. Gyps, 3. Glimmer, 4. Kalkspath, 5. Flussspath, 6. Apatit, 7. Hornblende, 8. Feldspath, 9. Quarz, 10. Topas, 11. Korund, 12. Diamant.

(Um Irrthümern vorzubeugen, sei bemerkt, dass, wenn in diesem Werke Angaben über die Härte gemacht werden, sich die Zahlen auf die Mohs'sche Scala beziehen.)

Die Härte eines Minerals wird dadurch bestimmt, dass man es der Reihe nach mit obigen Mineralien (z. B. mit dem Diamant angefangen) zu ritzen versucht. Wird z. B. ein Mineral vom Orthoklas geritzt, und ritzt es selbst Apatit, so hat es die Härte 5—6, ritzt ein Mineral den Apatit, und wird es vom Orthoklas nicht geritzt, so hat es die Härte 6. Zu beachten ist hierbei, dass ein und dasselbe Mineral nach verschiedenen Richtungen (wie z. B. der Gyps) oder auf verschiedenen Flächen (wie z. B. der Cyanit) verschiedene Härten besitzen kann. Es ist hiernach nicht gleichgiltig, mit welchen Stellen eines Minerals ein anderes Mineral geritzt wird.

Die Härte der porösen und aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzten Gesteine lässt sich auf diese Weise nicht bestimmen. Man ermittelt vielmehr ihren Widerstand gegen Ritzen, Schneiden, Schlag u. s. w. mittelst eigens zu diesem Zwecke construirter Maschinen. Erwähnenswerth ist der Bauschinger'sche Schleifapparat*), mit dem der auf seine

*) Eine Beschreibung und Abbildung dieses Apparates findet man im 11. Hefte der »Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium zu

Härte zu untersuchende Stein zugleich mit dem Normalstein abgeschliffen und die Abnutzungstiefe beider gemessen und verglichen wird; die Siebeneicher'sche Bohrmaschine*), mit welcher durch einen flachen Kreuzbohrer von stets gleicher Form und gleicher Beschaffenheit, gleicher Belastung und gleicher Fallhöhe ein Loch von bestimmter Tiefe in den Stein gebohrt und aus der Anzahl der hierzu erforderlich gewesenen Bohrstösse direct die Verhältnisszahl für die Härte bestimmt wird; die rotirenden Trommeln, in welche Steinstücke von höchstens 6 *cm* Dicke geworfen werden, die in Folge der Staubbildung einen Gewichtsverlust erleiden, aus dessen Grösse sich die Härte feststellen lässt.

Die Härte wächst im Allgemeinen mit Zunahme der Festigkeit und häufig auch mit zunehmender Austrocknung der Gesteine, und sie ist bei feinkörnigen Gesteinen in der Regel grösser als bei grobkörnigen.

Bestimmt man die Härte nach der Menge des Strichpulvers bei einer gleichen Anzahl Feilenstriche (vergl. § 10), so erhält man nach Dr. Monke folgende Härtescala: 1. Basalt (am härtesten), 2. Porphyr, 3. Granit, 4. Syenit, 5. Sandstein, 6. Gneis, 7. Dolomit, 8. Marmor, 9. Trachyt, 10. Kalkstein, 11. Glimmerschiefer, 12. Thonschiefer (am weichsten).

Technisch unterscheidet man Bohr- oder Gewinnungshärte (vergl. § 62), Arbeitshärte und Abnutzungshärte (vergl. § 71).

§ 6. Die Spaltbarkeit.

Die Eigenschaft der Mineralien, sich nach bestimmten Ebenen theilen zu lassen, nennt man Spaltbarkeit. Diese Eigenschaft besitzen nur krystallisirbare Mineralien. In ihnen ist die Cohäsionskraft (d. h. die Anziehungskraft zwischen den einzelnen Theilchen [Molecülen] des Körpers) nach einer bestimmten Richtung geringer. Man unterscheidet einfache und mehrfache Spaltbarkeit, je nachdem sich ein Mineral nur nach einer oder nach mehreren Richtungen spalten lässt. Die hierdurch gebildeten Stücke heissen Spaltungsstücke, die ebenen und glatten Flächen Spaltebenen oder

muschelig, wenn kugelförmige Erhöhungen mit runden Vertiefungen abwechseln;

splitterig, wenn die Bruchfläche halb abgelöste Splitter zeigt;

hakig, wenn sie zackige Spitzen oder hakenförmig gebogene Erhöhungen besitzt;

erdig, wenn die Bruchfläche mit staub- oder sandförmigen Theilchen bedeckt ist.

Ferner unterscheidet man noch den dichten, blätterigen und faserigen Bruch.

§ 8. Die Durchsichtigkeit.

Bei der Durchsichtigkeit unterscheidet man verschiedene Grade. Es heisst ein Mineral:

durchsichtig, wenn es das Licht so durchlässt, dass die Gestalt eines Gegenstandes durch das Mineral in scharfen Umrissen gesehen werden kann;

wasserhell (farblos), wenn es durchsichtig und ungefärbt ist;

halbdurchsichtig, wenn der Gegenstand durch das Mineral nur undeutlich zu erkennen ist;

durchscheinend, wenn das Mineral das Licht nur durchschimmern lässt;

an den Kanten durchscheinend, wenn es das Licht nur an den Kanten oder auch durch ganz dünne Bruchstücke durchschimmern lässt;

undurchsichtig, wenn selbst das Letztere nicht mehr der Fall ist.

Es giebt Mineralien, welche einen verschiedenen Grad der Durchsichtigkeit besitzen. Die Durchsichtigkeit hängt besonders von der Gleichartigkeit der Masse des Minerals ab.

§ 9. Der Glanz.

Der Glanz der Mineralien ist abhängig von der Beschaffenheit der Oberfläche und umso grösser, je ebener die Oberfläche ist und je mehr sie sich der Spiegelglätte nähert. Man unterscheidet folgende Grade:

spiegelnd, wenn ein sehr klares Spiegelbild auf der Oberfläche erscheint;

starkglänzend, wenn das Spiegelbild scharf begrenzt ist;

glänzend, wenn dasselbe weniger scharf begrenzt ist;

wenig glänzend, wenn das Spiegelbild nur durch einen allgemeinen Lichtschein vertreten, aber nicht mehr deutlich zu erkennen ist;

schimmernd, wenn sich dieser Lichtschein nur auf einzelnen Stellen zeigt;

matt, wenn aller Glanz fehlt.

Man unterscheidet ferner folgende Arten:

Metallglanz, Diamantglanz, Glasglanz (am häufigsten), Wachs- oder Fettglanz, Perlmutterglanz und Seidenglanz.

Fettglanz wird häufig durch eine wellenförmige Beschaffenheit der Oberfläche, Perlmutterglanz durch zahlreiche dünne, übereinander liegende, durchscheinende Blättchen, Seidenglanz durch eine faserige Structur (vergl. § 15) hervorgerufen.

§ 10. Farbe und Strich.

Die **Farbe** ist entweder durch die chemische Zusammensetzung des Minerals **bedingt, oder sie wird durch mikroskopisch kleine, gestaltlose, zu**

fällige Bestandtheile des an und für sich farblosen Minerals hervorgerufen. Besonders sind es Eisen-, Mangan- und Chromverbindungen, aber auch Vanadin-, Kobalt-, Nickel- und Kupferverbindungen, welche die Färbung verursachen. Die gelbe, rothe, braune, schwarze und violette Farbe kann durch Eisenverbindungen, die violette und röthliche durch Manganverbindungen, die rothe, grüne und gelbe durch Chromverbindungen, die grüne durch Vanadinverbindungen oder durch äusserst feine Chloritschüppchen, die graue bis schwarze durch feinvertheilten Graphit oder durch Bitumen erzeugt sein u. s. w.

Man theilt die Farben ein in metallische und nichtmetallische. Zu den ersteren gehören: silberweiss, zinnweiss, bleigrau, stahlgrau, licht- und dunkel-eisenschwarz, ferner speisgelb, goldgelb, messinggelb, bronzefarben, tombackbraun; zu den nichtmetallischen Farben rechnet man: schneeweiss, aschgrau, sammetschwarz, berlinerblau, smaragdgrün, citronengelb, carminroth, kastanienbraun u. s. w. mit den mannigfaltigsten Abtönungen, welche durch Hinzufügung der Wörter blass, licht, dunkel, tief, hoch u. s. w. bezeichnet werden.

Wird ein Mineral geritzt (ein »Strich« eingekratzt) oder auf einer unglasirten Porzellantafel zerrieben, so bildet sich ein Pulver, das meistens heller ist wie die Oberfläche des Minerales. Dieses Pulver nennt man Strichpulver und seine Farbe Strich. Bei wasserhellen und sehr schwach gefärbten Mineralien ist der Strich weiss, bei spröden mit metallischer Farbe oft unmetallisch u. s. w. Manche Mineralien geben beim Ritzen oder Schaben kein Strichpulver, sondern werden glänzend im Strich.

Die Farbenbeständigkeit ist bei den Mineralien und Gesteinen eine sehr verschiedene. Einige Gesteine verbleichen unter der Einwirkung des Sauerstoffes der Luft allmälig und werden unansehnlicher (z. B. mancher Dachschiefer), andere dagegen nehmen nach und nach eine kräftigere, prächtigere Farbe an (z. B. mancher Bruchsandstein und der Travertin). Zu den ersteren gehören hauptsächlich diejenigen Gesteine, welche reich an Feldspath sind und Eisenoxydul besitzen. Einige Mineralien sind mehrfarbig und besitzen Flecken und Streifen entweder nur auf ihrer Oberfläche oder durch ihre ganze Masse hindurch; andere zeigen eine andere Färbung im reflectirenden und im durchfallenden Licht (sogenannte Fluorescenz) u. s. w. Die Flecken und Streifen können entweder durch eine dünne Schicht eines fremden Bestandtheiles oder durch eine beginnende Verwitterung oder Oxydation hervorgerufen sein.

§ 11. Die Porosität (Wärmeleitungsfähigkeit, Luftdurchlässigkeit).

Viele Körper haben die Eigenschaft, den Raum nicht stetig zu erfüllen, sondern zwischen ihren Theilchen mehr oder minder sichtbare Zwischenräume (Poren) zu besitzen, in welche andere Körper eindringen können, ohne dass dadurch eine Vergrösserung des Rauminhaltes eintritt. Bei den Gesteinen sind namentlich die mit grobkörnigem Gefüge stark porös, die mit feinkörnigem und dichtem Gefüge dagegen nur schwach porös.

Zur Prüfung des Porenraumes wendet man verschiedene Verfahren an. Man trocknet den zu untersuchenden Stein bei einer Temperatur von etwa $+100^0$ *C* oder auf einer erhitzten Eisenplatte, kühlt ihn dann ab und wiegt ihn. Hierauf bringt man ihn in ein Gefäss mit Wasser, nimmt ihn

nach etwa zwei Tagen wieder heraus, trocknet seine Oberfläche schnell ab und wiegt ihn von neuem. Der Gewichtsunterschied (nach Procenten des Trockengewichtes berechnet) ergiebt dann das Maass der Porosität. Oder: man hängt ein getrocknetes, abgekühltes und gewogenes, etwa 25 *g* schweres Stück des Probesteins an einem Faden in ein Gefäss, welches in einem Pressraum untergebracht ist, füllt diesen Pressraum mit Wasser, verschliesst den Behälter und presst dann mittelst eines Stempels das Wasser bei einem Druck von etwa drei Atmosphären in den Stein ein, bis sämmtliche Poren sich mit Wasser gefüllt haben, was häufig schon nach einer Stunde der Fall ist. Dann nimmt man den Stein heraus, trocknet seine Oberfläche schnell ab und bringt ihn in ein gläsernes Gefäss, das gut verschlossen wird. Das gefüllte Glas wird nun gewogen, das Gewicht des Glases in Abzug gebracht und der Unterschied der Gewichte vor und nach der Pressung in Procenten des Trockengewichtes ausgedrückt. Oder: man presst oder saugt Luft durch eine dünne Platte des Probesteins und erhält, wenn man von den miteinander zu vergleichenden Steinen gleich grosse und gleich dicke Platten abtrennt und unter demselben Druck und in derselben Zeit die Pressung, beziehungsweise das Absaugen bewirkt, ein Vergleichsmaass für die Grösse der Porosität.

Bestimmt man die Porosität nach den Wassermengen, welche gleichmässig getrocknete Steine unter Wasser innerhalb 24 Stunden in 100 cm^3 aufnehmen, so erhält man nach Dr. Monke folgende Zahlen:

1.	Trachyt	= 12·47 *g*	7.	Gneis	= 1·89 *g*
2.	Sandstein	= 6·09 *g*	8.	Marmor	= 0·53 *g*
3.	Kalkstein	= 5·76 *g*	9.	Syenit	= 0·47 *g*
4.	Thonschiefer	= 5·66 *g*	10.	Granit	= 0·30 *g*
5.	Porphyr	= 5·45 *g*	11.	Dolomit	= 0·22 *g*
6.	Glimmerschiefer	= 2·54 *g*	12.	Basalt	= 0·18 *g*

Hauenschild und Lang haben für verschiedene Bausteine die Porositätscoëfficienten ermittelt.*) Nachstehend führen wir einige Werthe an:

Granit	= 0·04—0·61	Serpentin	= 0·56
Syenit	= 1·38	Dachschiefer	= 0·045—0·15
Diorit	= 0·25	Marmor	= 0·22—0·59
Diabas	= 0·18	Sandstein	= 6·9—25·5
Porphyr	= 0·29—2·75	Kalktuff	= 32·2
Basalt	= 1·28	Trachyttuff	= 25·07

Von der Porosität abhängig ist die Wärmeleitungsfähigkeit und die Luftdurchlässigkeit.

Die Wärme pflanzt sich in den Mineralien durch Leitung fort, d. h. die Erwärmung erfolgt von Molecül zu Molecül. Diese Leitungsfähigkeit nimmt im Allgemeinen mit wachsender Porosität ab. Porenarme Gesteine (wie z. B. der Basalt) sind daher gute Wärmeleiter, porenreiche (wie z. B. der Bimsstein, der Kalktuff, der Trachyt und einige Lavagebilde) schlechte Wärmeleiter. Je besser ein Mineral die Wärme leitet, desto kälter fühlt es sich an. Gesteine, die gute Wärmeleiter sind, sind auch hygroskopisch, d. h. sie ziehen die Feuchtigkeit aus der Luft an.

In der nachfolgenden Tabelle ist die mittlere Wärmeleitungsfähigkeit einiger Gesteine, bezogen auf die des Thonschiefers (= 1), angegeben.

*) Siehe »Handbuch der Architektur«. 1895, Th. I. Bd. I, S. 82.

Wärmeleitungsfähigkeit einiger Gesteine.

Thonschiefer	= 1	Sandstein	= 1·54—1·50—1·05
Rother Gneis	= 1·49	Marmor	= 2·13—1·66—1·65
Tafelschiefer	= 1·22	Serpentin	= 1·44
Granit	= 1·71—1·52	Basalt	= 1·55—1·47

Bestimmt man die Wärmeleitungsfähigkeit nach der Zeit, während welcher 10 cm^3 Quecksilber von + 75° *C.* auf + 40° *C.* abgekühlt werden, bei einer angeschliffenen kreisförmigen Berührungsfläche von 3 *cm* Durchmesser, so erhält man nach Dr. Monke folgende Zahlen:

1. Thonschiefer	= 4 Min. 10 Sec.	7. Marmor	= 2 Min. 41 Sec.
2. Trachyt	= 3 » 42 »	8. Porphyr	= 2 » 40 »
3. Glimmerschiefer	= 2 » 51 »	9. Sandstein	= 2 » 38 »
4. Basalt	= 2 » 50 »	10. Granit	= 2 » 36 »
5. Gneis	= 2 » 43 »	11. Syenit	= 2 » 34 »
6. Kalkstein	= 2 » 42 »	12. Dolomit	= 2 » 12 »

Die Luftdurchlässigkeit (Permeabilität) ist bei porösen Gesteinen grösser als bei solchen mit feinkörnigem oder dichtem Gefüge und wächst mit dem Grade der Trockenheit. Wasser vermindert z. B. die Durchlässigkeit beim Sandstein um etwa 80%. Bruchfeucht vermauerte, feinkörnige und dichte Werksteine sind wenig luftdurchlässig und geben deshalb ungesunde Wohnräume.

§ 12. Die Ausdehnung bei Wärme.

Der Rauminhalt eines jeden Körpers, also auch eines Gesteins, ändert sich mit dem Wechsel der Temperatur; er wird, von einigen Ausnahmen abgesehen, grösser beim Erwärmen und kleiner beim Abkühlen. Ist das Gestein ohne Krystallform und von gleichartiger Beschaffenheit, nicht nach einer Richtung dichter als nach der anderen, so dehnt es sich nach allen Richtungen gleichmässig aus. Krystalle, d. h. Körper mit einer von ebenen Flächen begrenzten Gestalt, können sich nach verschiedenen Richtungen ungleich ausdehnen, ja in einzelnen Fällen sogar beim Erwärmen zusammengezogen, beim Abkühlen

höheren Temperaturen zeigt sich dagegen eine grössere Ungleichmässigkeit in der Ausdehnung.

Die Vermehrung des Rauminhaltes bei einer Temperaturerhöhung des Körpers um 1° *C.* wird cubischer Ausdehnungscoëfficient genannt Dieser Coëfficient ist für verschiedene Gesteine und Mineralien durch physikalische Untersuchungen sorgfältig bestimmt worden; er beträgt z. B.

beim Flussspath	= 0·000062		beim Kalkspath	= 0·000018
» Schwerspath	= 0·000058		» Orthoklas	= 0·000026
» Quarz	= 0·000039—0·000042		» Granit	= 0·000026
» Basalt	= 0·00003		» Sandstein	= 0·000038
» Dolomit	= 0·000035		» dichten Gyps	= 0·000028
» Anhydrit	= 0·00003		» Marmor	= 0·000019
» Thonschiefer	= 0·00005			

Durch die Einwirkung der Wärme kann auch manches Mineral zum Schmelzen (Flüssigwerden) gebracht werden. Je nach der niederen oder höheren Temperatur, die hierzu erforderlich ist, nennt man das Mineral: leicht schmelzbar, schwer schmelzbar, an den Kanten schmelzbar, unschmelzbar. Unschmelzbar wird in der Mineralogie ein Mineral genannt, das in der gewöhnlichen Löthrohrflamme nicht schmilzt.

Die von v. Kobell aufgestellte Schmelzbarkeitsscala lautet:

1. Antimonit
2. Natrolith
3. Almandin
4. Amphibol
5. Orthoklas
6. Bronzit

Einige Mineralien werden in höheren Temperaturen schweissbar, d. h. es lassen sich mehrere Stücke (im weissglühenden Zustande) zu einem einzigen Stück zusammenhämmern (wie z. B. Eisen und Platin). Ganz reines Gold ist sogar bei gewöhnlicher Temperatur schweissbar.

§ 13. Die Elasticität.

Eine Ausdehnung, beziehungsweise Zusammenziehung nur nach einer Abmessung (der Länge) erfolgt bei der Beanspruchung der Körper auf Zug, Druck, Biegung u. s. w. in Folge der Elasticität der Körper. Bei den natürlichen Gesteinen treten schon bei geringen Beanspruchungen bleibende Formveränderungen ein, und es stehen die Längenausdehnungen nicht im gleichen Verhältnisse zur Zugkraft, jedoch sind die Verkürzungen der Druckkraft bis zur Bruchgrenze direct proportional. Die Kraft, welche im Stande wäre, einen Körper vom Querschnitt = 1 auf das Doppelte seiner Länge auszudehnen, wenn dies der Körper zuliesse, oder ihn um seine eigene Länge zusammenzudrücken, nennt man den Elasticitätsmodul. Derselbe lässt sich aus directen Zug- und Druckversuchen oder auch aus Biegungsversuchen annähernd bestimmen. Bauschinger, Köpcke und Wedgold haben für einige Steine den Elasticitätsmodul festgestellt, welcher in der nachfolgenden Tabelle angegeben ist.

Elasticitätsmodul (für 1 cm^2 Querschnittsfläche) in Kilogramm.

Gesteinsart	Bauschinger	Köpcke	Wedgold
Mittelkörniger Granit	270.000—510.000	225.000—454.000	—
Feinkörniger Granit	120.000—288.000	im Mittel: 340.000	—
Dolomit	400.000—560.000	—	—
Sandstein	82.000—378.000	45.000 - 90.000 (Pirnaer im Mittel 67.000)	36.000 (weisser Sandstein)
Marmor (weisser) .	—	—	170.000
BraunerPortlandstein	—	—	58.000
	Durch directe Zug- und Druckversuche ermittelt	Durch Biegungsversuche ermittelt	

Dr. Böhme fand den Elasticitätsmodul für den dichten, scharfkörnigen Kamenzer Granit zu 449.100 *kg*.

Die Elasticität hat bei den meisten Körpern in verschiedenen Richtungen eine verschiedene Grösse. So z. B. entwickeln alle Körper mit faseriger Textur (vergl. § 15) in der Richtung der Fasern die grösste elastische Kraft. Nur vollkommen gleichartig gebildete Körper zeigen nach allen Richtungen hin eine gleiche Elasticität. Je nach dem Grade derselben nennt man den Körper: vollkommen elastisch, elastisch oder unelastisch; auch unterscheidet man noch: elastisch-biegsam, unelastisch-biegsam, spröde, milde, geschmeidig, dehnbar (streckbar, hämmerbar). (Vergl. den nächstfolgenden Paragraphen.)

§ 14. Die Dehnbarkeit, Sprödigkeit und Zähigkeit.

Manche Mineralien gestatten, auch wenn sie nicht elastisch sind, eine mehr oder minder grosse Verschiebung ihrer Molecüle, ohne dass dadurch eine vollständige Trennung ihrer Theile stattfindet. Man nennt sie alsdann geschmeidig. Zerbrechen sie aber bei geringer Formänderung, so nennt man sie spröde. Spröde heissen insbesondere solche Mineralien, welche bei der Zertheilung nach allen Richtungen Risse und Sprünge erhalten und grob oder fein zersplittern. Man unterscheidet noch:

milde Mineralien, die sich in pulverförmige Theilchen trennen lassen;

hämmerbare oder dehnbare, die sich zu dünnen Tafeln hämmern oder walzen lassen;

biegsame, welche sich in dünne Blättchen biegen lassen, ohne zu zerbrechen, und die gebogene Form beibehalten;

zähe, die der Trennung ihrer Theile einen grösseren Widerstand entgegensetzen.

Zur Prüfung der Zähigkeit empfiehlt Dietrich die Verwendung von 30 *cm* im Durchmesser haltenden und 50 *cm* hohen, sich in geneigter Ebene drehenden Trommeln, die mit den Probesteinen gefüllt werden und durch Schlagwirkung und Abschleifung die thatsächliche Beanspruchung von Pflaster- und Schottermaterial nachahmen sollen.

Die Festigkeit der natürlichen Gesteine wird in dem Abschnitte »Prüfung der Gesteine« näher besprochen werden.

C. Eintheilung, Structur, Absonderungen, Schichtungen und Uebergänge der natürlichen Gesteine.

§ 15. Eintheilung der natürlichen Gesteine.

Die Gesteine werden unterschieden nach der Art und Zeit ihrer Entstehung, nach den Structurverhältnissen und nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung.

Sind die Gesteine gleichzeitig mit ihren mineralogischen Gemengtheilen entstanden, so nennt man sie ursprüngliche Gesteine; bestehen sie aus zusammengekitteten Trümmern früher vórhanden gewesener Felsarten, so heissen sie klastische oder Trümmergesteine; sind sie aus anderen Gesteinen erst durch allmälige chemische Umwandlung hervorgegangen, so nennt man sie metamorphische.

Felsarten, die ursprünglich aus flüssigen Mineralmassen bestanden, aus dem Erdinnern durch die Kraft der Vulcane hervorgepresst oder emporgeschleudert wurden und dann erstarrten, nennt man Eruptivgesteine und unterscheidet bei diesen vulcanische und plutonische, je nach der Zeit ihrer Entstehung. Zu den jüngeren vulcanischen Gesteinen gehören z. B. die Laven. Zu den älteren plutonischen rechnet man diejenigen Gesteine, welche auf dem im Anfange glühend flüssig gewesenen Erdkörper die erste starre Decke gebildet haben.

Gesteine, welche durch Ablagerung im Wasser entstanden sind, nennt man Sediment- oder neptunische Gesteine und, weil sie aus wag rechten, von oben nach unten aufeinander folgenden Schichten von fortwährend älterer Bildung bestehen, auch geschichtete Gesteine. Im Gegensatz hierzu heissen die Eruptivgesteine, welche keine Schichtung (höchstens eine sogenannte Schieferung) zeigen, also von oben nach unten gleichmässig gebildet sind, Massengesteine.

Die ursprünglichen und metamorphischen Gesteine bestehen meistens ganz aus krystallinischen Mineralien; sie heissen deshalb krystallinische (vergl. § 17), und man unterscheidet einfache krystallinische und gemengte krystallinische Gesteine, je nachdem der wesentliche Gemengtheil nur aus einem einzigen Mineral oder aus mehreren Mineralien besteht. Hierbei ist zu beachten, dass die zufälligen, sogenannten accessorischen oder unwesentlichen Gemengtheile, welche die verschiedenen Abarten eines Gesteins bilden, hier und da so zahlreich auftreten, dass die wesentlichen Bestandtheile oder Hauptgemengtheile des Gesteins mehr zurücktreten.

Eine Eintheilung der natürlichen Gesteine lässt sich in verschiedener Weise vornehmen; wir wählen die folgende:*)

I. Einfache krystallinische Gesteine.

II. Gemengte krystallinische Gesteine.

A. Plutonische und metamorphische.

1. Orthoklasgesteine.

*) Siehe: Dr. Hornstein, Kleines Lehrbuch der Mineralogie, Seite 299—303. Cassel 1875.

2. Plagioklasgesteine.
3. Glimmergesteine.
4. Feldspath- und glimmerfreie Gesteine.

B. Vulcanische, krystallinische.
1. Trachytgesteine.
2. Basaltgesteine.

III. Klastische Gesteine oder Trümmergesteine.
IV. Lose Gesteine und Erden.

§ 16. Die Gebirgsformationen.

Eine Reihe von Gesteinen, die zu derselben Zeit entstanden sind, bilden eine Formation, mehrere Formationen, welche sich wegen ihrer mineralogischen Zusammensetzung, Lagerung, Versteinerungsführung u. s. w. aneinanderreihen, eine Gruppe. Die Zeit, in welcher mehrere verwandte Gesteinsgruppen entstanden, nennt man Periode.

Man unterscheidet in der Bildungsgeschichte der Erdrinde vier Perioden. Beginnt man mit der ältesten geologischen Periode, so ergiebt sich folgende aufsteigende Reihe der Formationen, welche zumeist nach den in ihnen vorkommenden Hauptgesteinen ihren Namen führen:

I. Azoische (primäre) Periode oder Urzeit der Erde.
1. Aeltere Urgneisformation oder bojische (auch laurentinische) Gneisformation.
2. Jüngere oder hercynische Gneisformation.
3. Glimmerschieferformation.
4. Urthonschieferformation.

II. Paläozoische Periode oder Alterthum der Erde (Uebergangsperiode).
1. Grauwackengruppe.
   a) Silurformation (älteres Uebergangsgebirge, Grauwackengebirge).
   b) Devonformation (oberes Uebergangs- oder Grauwackengebirge).
2. Kohlengruppe.
   a) Kohlenkalksteinformation.
   b) Steinkohlenformation.
3. Dyas- oder permische Gruppe (Zechsteingruppe, Kupfergebirge).
   a) Rothliegendes.
   b) Zechsteinformation (Weiss- oder Grauliegendes).

III. Mesozoische Periode oder Mittelalter der Erde (secundäres oder Flötzgebirge).
1. Triasgruppe oder Salzgebirge.
   a) Buntsandsteinformation.
   b) Muschelkalkformation.
   c) Keuperformation.
   d) Rhätische Formation (Dolomitgebirge).
2. Juragebirge oder Oolithengebirge.
   a) Liasformation oder Formation des unteren oder schwarzen Jura.
   b) Dogger oder Formation des mittleren oder braunen Jura.

c) Malm oder Formation des oberen oder weissen Jura.
d) Thiton oder Wälderthon-(Wealden-)Formation (Uebergang zur nächsten Gruppe).

3. Kreidegruppe oder Quadersandsteingebirge.
a) Neokom oder Hils (untere Kreideformation).
b) Gault (mittlere Kreideformation).
c) Cenoman }
d) Turon } obere Kreideformation.
e) Senon }

IV. Känozoische Periode oder Neuzeit der Erde.

1. Molassegruppe.
A. Aeltere Tertiärformation oder älteres Braunkohlengebirge.
a) Eocänformation.
b) Oligocänformation.
B. Jüngere Tertiärformation oder Neogenformation oder jüngeres Braunkohlengebirge.
a) Miocänformation.
b) Pliocänformation.

2. Quartärgruppe.
a) Diluvium oder älteres Schwemmland (altquartäres Gebilde; Eiszeit oder ältere Steinzeit der Erde).
b) Alluvium oder jüngeres Schwemmland (jungquartäres Gebilde; jüngere Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit und historisches Zeitalter der Erde).

§ 17. Die Structur (Textur).

Die krystallinischen Gesteine theilt man nach der Grösse ihrer mineralogischen Bestandtheile ein in:

Makrokrystallinische, welche Gemengtheile von mehr als 1 *mm* Durchmesser besitzen;

mikrokrystallinische, deren Gemengtheile eben noch mit freiem Auge zu unterscheiden sind;

kryptokrystallinische, deren Gemengtheile nur mit der Lupe oder mit dem Mikroskop zu erkennen sind.

Die Structur oder Textur (d. h. die Art und Weise der Zusammensetzung, das innere Gefüge) der krystallinischen und klastischen Gesteine kann eine sehr verschiedene sein. Sie hängt ab von der Form und Grösse der Krystalle, von ihrer Lage zu einander, von der Raumausfüllung und von der Art der Verbindung.

Bei den krystallinischen Gesteinen ist sie:

Kryptokrystallinisch bis dicht; siehe oben (z. B. beim dichten Kalkstein);

körnig, wenn Krystallkörner nach allen Richtungen hin gleichmässig ausgebildet und abgelagert sind und keine bestimmte Anordnung erkennen lassen (wie z. B. beim Granit). Je nach der Korngrösse unterscheidet man: gross-, grob-, klein- und feinkörnig;

porphyrisch, wenn in einer dichten, kryptokrystallinischen oder auch feinkörnigen Grundmasse einzelne grössere Krystalle oder Krystallkörner und Krystallblättchen irgend eines Minerals so eingebettet sind, dass die Gesteinsmasse gefleckt erscheint (z. B. beim Feldspathporphyr);

schieferig, wenn die Gemengtheile in Blättchenform nach mehr oder minder parallelen Flächen angeordnet sind, so dass sich das Gestein in dieser Richtung leichter als in jeder anderen in dickere oder dünnere Platten zerspalten lässt (z. B. beim Thonschiefer);

lagenförmig oder gebändert, wenn das Gestein aus einzelnen parallelen Lagen verschiedenartig gebildeter oder gefärbter Mineralien besteht (z. B. beim Gneis);

schuppig, wenn das Gestein zum grössten Theil aus parallel laufenden Schüppchen und Blättchen besteht (z. B. beim Chloritschiefer);

blätterig, wenn die Bestandtheile des Gesteins flächenförmig nach zwei Richtungen ausgebreitet sind (wie z. B. bei der Papierkohle);

flaserig, wenn linsenförmige körnige Gemengtheile von dünnen, schuppig zusammengesetzten, sich an die Form der Körner anschmiegenden und wellenförmigen Lagen parallel durchsetzt werden (wie z. B. beim Gneis vom Kupferberg in Böhmen);

oolithisch (Rogensteinstructur), wenn das Gestein aus einer fischrogenartigen Aneinanderhäufung von kleinen, etwa schrotkorngrossen, concentrisch-strahligen oder schaligen, kugelförmigen Körnern gebildet ist, welche durch eine dichte, gleichartige oder verschiedene Masse zusammengekittet sind (wie z. B. beim Rogen- und Erbsenstein);

sphärolithisch, wenn regelmässig ausgebildete, meistens radial-faserige, kleine, einzelne Kügelchen (Sphärolithen) oder auch einzelne grössere oder zu nierenförmigen oder traubenförmigen Büscheln gruppirte, muschelig bis eben oder splitterig brechende Kugeln auftreten (wie z. B. beim Kugeldiabas);

perlitisch, wenn die Gesteinsmasse emailartig (auch wohl glasartig) aus schalig zusammengesetzten Körnern verschiedener Grösse gebildet ist (wie z. B. beim Perlit);

mandelsteinartig, wenn im Gestein längliche und etwas verflachte Hohlräume (sogenannte Mandeln) auftreten, welche ganz oder theilweise mit fremden Mineralien angefüllt sind (wie z. B. beim Schalstein-Mandelstein);

blasig, wenn diese Hohlräume rundlich und leer sind und in geringer Menge vorkommen (wie z. B. bei der Basaltlava vom Laacher See);

porös, wenn sie sehr zahlreich, klein und eckig sind (wie z. B. beim Schaumkalk);

zellig (cavernös), wenn die unregelmässig gestalteten Hohlräume eine grössere Ausdehnung haben (wie z. B. bei der Rauchwacke, einer Abart des Dolomites);

schlackig, wenn sie gewunden und verengert sind, wie z. B. bei der Lava des Vesuvs);

schwammig und schaumig, wenn sich zwischen den Hohlräumen nur ganz dünne Wände befinden (wie z. B. beim Bimsstein);

glasartig, wenn das Gestein aus einer krystalllosen Glasmasse besteht (wie z. B. beim Obsidian);

faserig (stengelig), wenn es aus faserigen oder dünnstengeligen, zuweilen parallel nebeneinander stehenden Mineraltheilen zusammengesetzt ist (wie z. B. beim Onyxmarmor und Asbest);

gestreckt, wenn säulenförmige, langgestreckte Mineraltheile und langgezogene Blasenräume im Gestein vorkommen und alle oder einige nach einer bestimmten Richtung hin parallel gelagert sind (wie z. B. beim Trachyt).

Bei den klastischen oder Trümmergesteinen ist die Structur:

breccienartig, wenn das Gestein aus grösseren scharfkantigen und eckigen Bruchstücken und einem thonigen, kalkigen, kieseligen u. s. w. Bindemittel zusammengesetzt ist (wie z. B. bei der Porphyrbreccie);

conglomeratisch, wenn das Gestein aus zusammengekitteten abgerundeten Rollstücken über Erbsengrösse besteht (wie z. B. beim rothliegenden Conglomerat);

psammitisch (Sandsteinstructur), wenn das Gestein aus sandartig feineren, runden (auch eckigen) Körnern so gebildet ist, dass es wie zusammengekitteter Sand aussieht (wie z. B. beim Quadersandstein);

pelitisch (Schlammstructur), wenn das Gestein aus feinen, mit freiem Auge kaum oder nicht mehr erkennbaren Staubkörnchen und Schüppchen besteht und sein Gefüge von dem des dichten krystallinischen Gesteins nicht abweicht. Pelitische Gesteine haben die Eigenschaft abzufärben; zu ihnen gehört z. B. der Thon.

Treten die Trümmergesteine nur als lose Massen auf, so nennt man sie lose Accumulate und unterscheidet je nach der Grösse der Stücke: Blöcke (Findlinge oder erratische Blöcke, das sind einzelne, aus fernen Gegenden stammende, durch urweltliche Gletscher oder schwimmende Eisberge transportirte Felsstücke), Gerölle, Geschiebe, Gruss, Grand und Sand.

Gesteine, die bald conglomeratische, bald breccienartige, bald psammitische Structur zeigen, und deren Bindemittel aus dem gleichen, äusserst fein vertheilten Gesteinschutt oder aus einer glasartigen Masse besteht, nennt man Tuffe. Zu ihnen gehören die vulcanischen Trümmergesteine, welche aus vulcanischem Schlamm (vulcanischer Asche und Wasser) durch spätere Erhitzung entstanden sind.

§ 18. Die Absonderungen und Schichtungen.

Bei dem Erkalten und Festwerden der ursprünglich feuerflüssigen Mineralmassen erfolgten zuerst an der Oberfläche, später im Innern Zusammenziehungen, durch welche im Gestein Risse und Spalten erzeugt wurden. Die auf diese Weise bewirkte Trennung der Felsmassen in bestimmt geformte (begrenzte), kleinere oder grössere Stücke nennt man »Absonderung«, die einzelnen Stücke »Absonderungsstücke« und die für das Auge sichtbaren Spalten »Absonderungsklüfte«.

Je nach der Form und Grösse der Absonderungsstücke unterscheidet man unregelmässige und regelmässige Absonderung und theilt erstere weiter ein in eine:

massige, wenn das Gestein durch Klüfte derart durchzogen ist, dass unregelmässig begrenzte Stücke von bedeutender Grösse entstehen;

zerklüftete, wenn durch die Klüfte viele kleine, unregelmässige Stücke abgetrennt werden;

wulstige oder *knollige*, wenn die Klüfte unregelmässig und gekrümmt gestaltet sind.

Die *regelmässige* Absonderung wird eingetheilt in eine:

kugelförmige, wenn ei- oder kugelförmige (oft bis 1 *m* grosse) Stücke durch die Klüfte abgetrennt werden, die sich schalenförmig umeinander lagern oder deren Zwischenräume mit derselben Gesteinsmasse, oft in kleineren Kugeln abgesondert, ausgefüllt sind. Sie entsteht bei langsamer Erhärtung der ursprünglich flüssigen Gesteinsmasse und wenn die Erhärtung von einzelnen Punkten ausgegangen ist, um welche sich dann weitere Schichten schalenförmig angelegt haben. Die kugelförmige Absonderung kommt z. B. beim Diorit vor;

pfeiler- oder *säulenförmige*, wenn das Gestein durch parallel laufende, gleich weit entfernte Klüfte in aneinanderstehende sechsseitige, vierseitige u. s. w. Prismen (Pfeiler) oder Cylinder (Säulen) zerklüftet ist. Die Prismenform findet sich häufig beim Basalt, die Säulenform beim Trachyt. Sind die Prismen oder Säulen sehr klein, so nennt man die Absonderung eine *stengelförmige*, sind die Prismen vierseitig, so heisst die Absonderung *prismatisch*;

plattenförmige, wenn ebene und parallele Absonderungsklüfte verhältnissmässig nahe liegen, so dass sie die Felsmasse in dünne Tafeln zertheilen. Sie zeigt sich besonders beim Kalkstein und Thonschiefer. Sind die Trennungsflächen gebogen, so nennt man die Absonderung eine *schalige*;

bankförmige, wenn die parallelen Klüfte weit von einander entfernt sind, so dass gewaltige Felsblöcke durch sie abgetrennt werden. Diese Absonderung kommt z. B. beim Sandstein vor. Man nennt sie *cubische*, wenn sich die Klüfte in drei Richtungen schneiden, die aufeinander fast senkrecht stehen. Eine cubische Absonderung zeigt z. B. der Quadersandstein.

Eine *plattenförmige* Absonderung kommt auch bei den *Schichtgesteinen* vor, welche durch Ablagerung im Wasser allmälig entstanden sind und aus einer Reihe von übereinander gelagerten Schichten bestehen, die von zwei parallelen Flächen — den sogenannten *Schichtungsflächen* — begrenzt sind. Die Dicke einer solchen Schicht (d. h. den senkrechten Abstand der Schichtungsflächen) nennt man »*Mächtigkeit*«, das allmälige Dünnerwerden einer Schicht nach ihrem Rande hin »*Auskeilen*«, den Rand

Verschiebung einzelner Theile einer Schicht stattgefunden, so spricht man von einer »Verwerfung« und nennt die Rutschfläche die »Verwerfungskluft« und, wenn sie glatt oder geriffelt ist, den »Spiegel«.

Die obere Lage einer Schicht heisst »Dachfläche«, die untere »Sohlfläche«. Von zwei übereinander liegenden Schichten heisst die untere »das Liegende«, die obere »das Hangende«. Mächtige Schichten nennt man »Bänke«, Schichten, die Erze oder Kohlen führen, »Flötze«, ungleichmässig mächtige Ausfüllungen kleinerer Gruben »Linsen«, solche grosser Becken »Lager«, Lager von geringer Ausdehnung, aber grosser Mächtigkeit »Stöcke«, Klüfte und Spalten, welche mit anderen Gesteinsarten (z. B. Massengesteinen) ausgefüllt sind, »Gänge«. Kleine, unzusammenhängende Massen werden mit »Putzen«, knollige, kugelförmige Massen von geringerem Umfange mit »Nieren«, erzführende Ablagerungen von durch Wasser fortgeschwemmten Trümmergesteinen mit »Seifen« bezeichnet.

Die Schichtungsverhältnisse eines Gesteins müssen vor Anlage eines Steinbruches sorgfältig studirt werden, damit ein zweckmässiger Abbau eingerichtet werden kann. (Vergleiche »Gewinnung der natürlichen Gesteine«.)

§ 19. Uebergänge der natürlichen Gesteine.

Sehr häufig finden Uebergänge von einer Gebirgsart in eine andere statt, die manchmal so allmälig vor sich gehen, dass eine deutliche Grenze zwischen den Ablagerungsgebieten zweier aneinander stossenden Felsmassen nicht mehr zu ziehen ist. Solche Uebergänge bilden sowohl die krystallinischen Gesteine als auch die Trümmergesteine.

Zwischen den krystallinischen Gesteinen werden Uebergänge dadurch vermittelt, dass entweder ein neuer Bestandtheil hinzutritt oder ein Gemengtheil allmälig zurücktritt und endlich ganz verschwindet, oder ein wesentlicher Bestandtheil wächst und gleichzeitig ein anderer abnimmt, oder an Stelle eines allmälig zurücktretenden und endlich ganz verschwindenden ein neuer Gemengtheil hinzutritt, oder durch Abnahme der Korngrösse aus einem grobkörnigen Gefüge ein dichtes wird, oder durch parallele Lagerung blättchenförmiger Bestandtheile die körnige Structur sich in eine schiefrige verwandelt, oder umgekehrt durch Aufhören der parallelen Lagerung und gleichzeitiger Zunahme der Korngrösse aus der schiefrigen die körnige Structur wird, oder endlich durch Zunahme der Korngrösse einiger Bestandtheile und gleichzeitige Verkleinerung anderer die körnige Structur in eine porphyrische übergeht.

So z. B. wird aus Granit durch fast gänzliches Verschwinden des Feldspathes Greisen, durch Vermehrung des Glimmers Gneis, durch Aufnahme von Hornblende und allmälige Abnahme von Glimmer Syenitgranit und endlich Syenit und — umgekehrt; ferner Glimmerschiefer durch Hinzutritt von Feldspath zu Gneis und Gneis durch Annahme einer schieferigen Structur zu Glimmerschiefer, Diorit durch Abnahme der Korngrösse zu Aphanit, durch Annahme einer schieferigen Structur zu Dioritschiefer u. s. w.

Zwischen den klastischen Gesteinen ergeben sich Uebergänge, wenn sich die eckigen Bestandtheile abrunden, wenn sich die Grösse der zusammengekitteten Bruchstücke ändert, wenn das Bindemittel wächst, wenn die Neben-

bestandtheile zu Hauptgemengtheilen werden, wenn die dichte Structur in eine poröse und cavernöse übergeht u. s. w.

So werden z. B. aus Breccien Conglomerate, aus Conglomeraten Sandsteine — und umgekehrt; ferner aus Conglomeraten mit thonig-kalkigem Bindemittel Kalkmergel mit einzelnen Rollstücken u. s. w.

Zwischen den krystallinischen und klastischen Gesteinen kommen ebenfalls einige Uebergänge vor: einige Eruptivgesteine gehen durch Tuffbildungen in klastische und diese durch eine von anliegenden Eruptivgesteinen während ihres feuerflüssigen Zustandes verursachte Umwandlung in krystallinische über. So z. B. wird aus Kreide im Contact mit Basalt Marmor, aus Thonstein Hornfels u. s. w.

Die Gesteinsübergänge sind demnach sehr mannigfaltig und ihre genaue Bestimmung häufig recht schwierig. Aus ihnen ergibt sich aber der wohl zu beachtende, oft folgenschwere Umstand, dass die aus einem und demselben Steinbruche gewonnenen Steine aus verschiedenartiger Mineralmasse bestehen und daher auch eine verschiedene Härte, Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Porosität, Farbe u. s. w. zeigen können.

D. Die Arten der natürlichen Gesteine.

Vorbemerkung: Nur diejenigen natürlichen Gesteine und Erden sollen in den nachfolgenden Paragraphen besprochen werden, welche für die Technik von Wichtigkeit sind.

I. Einfach krystallinische Gesteine.

§ 20. Der Quarzit (Quarzfels).

Eigenschaften. Der Quarzfels bildet ein einfach krystallinisches, klein-feinkörniges bis dichtes und dann grobsplitteriges, häufig sehr deutlich geschichtetes, zuweilen sandsteinähnliches Gestein. Bestandtheile: Quarz mit Glimmer, Granat, Schwefelkies, Magneteisenerz, Gold u. s. w. als zufällige Gemengtheile. Farbe meistens weiss oder grau, seltener blau oder gelb,

ein schieferiges Gefüge besitzender Quarzfels), der Kieselschiefer (liefert die besten Schleifsteine für harten Stahl und gute Probirsteine für Gold und Silber), der Hornstein, zu welchem der bekannte Feuerstein gehört, der Jaspis (häufig gestreift und gebändert; ein beliebter Schmuckstein), der Süsswasserquarz (vorzüglich geeignet für Mühlsteine).

§ 21. Der Gyps.

Eigenschaften. Der Gyps ist ein einfach krystallinisches, körniges bis dichtes, auch faseriges, schuppiges und erdiges Gestein, welches Glasglanz und auf den Spaltungsflächen Perlmutter- und Seidenglanz besitzt und einen kaum wahrnehmbaren flachmuscheligen Bruch hat. Bestandtheile: Schwefelsaurer Kalk und Krystallwasser (d. i. chemisch gebundenes Wasser). Farbe verschieden, zumeist weisslichgrau, dunkelgrau oder röthlich. Specifisches Gewicht: 2·2—2·96, (für den gegossenen, trockenen Gyps = 1·7—2). Härte: 1·5 bis 2. Gyps lässt sich mit dem Fingernagel ritzen. Wärmeausdehnung bei einer Temperaturerhöhung von 1° *C.* = 0·000028 des Volumens. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter nur 50—70 *kg* (für Gypsmörtel sogar noch weniger). Wetterbeständigkeit des natürlichen (dichten) Gypssteines eine geringe; über die Dauerhaftigkeit des gebrannten Gypses (Stuckgypses und Estrichgypses) siehe § 199 (Gypsmörtel).

Vorkommen. Der Gyps bildet meistens linsenförmige oder unregelmässige Stöcke, begleitet von Anhydrit, Steinsalz und Thon, kommt aber auch in grosser Mächtigkeit und Ausdehnung (z. B. bei Osterode im Harz) vor.

Verwendung. Der gebrannte und gemahlene dichte Gyps dient zur Herstellung von Decken- und Wandputz, von Estrichen, Stuccaturen, Abgüssen und Modellen, zur Bereitung von künstlichem Marmor, Beton, Dielen (Gypsdielen), Kitten, Glasuren, Mörtel, zu Anstrichen u. s. w. (Näheres hierüber im § 203—213.)

Abarten: 1. Der Alabaster (körniger, derber Gyps), ein zuweilen durchsichtiges, perlmutterglänzendes oder schillerndes Gestein von schneeweisser, graulichweisser oder gelblichweisser Farbe, auch dunkelgefleckt, geadert, gestreift, geflammt und gewölkt. Er lässt sich leicht schneiden, drechseln und poliren und wird zur Herstellung von Luxusgegenständen (z. B. von Schalen, Vasen, Bechern, Leuchtern, Uhrgehäusen u. s. w.), in seinen gröberen Arten auch als Baustein benutzt. Im Freien kann jedoch Alabaster nicht verwendet werden, weil er nicht wetterfest ist.

2. Das Marienglas (Fraueneis, Frauenglas, Gypsspath), ein grossblätteriger, ungemein leicht spaltbarer, wasserheller und ganz durchsichtiger Gyps mit perlmutterglänzender Spaltungsfläche, aus dem man z. B. Hütchen für Lampencylinder, Verzierungen für Heiligenbilder fertigt und früher Fensterscheiben herstellte.

3. Der Anhydrit, ein wasserfreier Gyps von weissgrauer, grauer, auch hellblauer und hellrother Farbe, der sich schön poliren lässt und deshalb zu architektonischen Verzierungen benutzt wird.

§ 22. Der Kalkstein.

Eigenschaften. Der Kalkstein ist ein einfach krystallinisches Gestein mit **körniger oder dichter Structur.** Nur die zu ihm gehörende Kreide hat ein

feinerdiges, meist lockeres Gefüge und ist nicht krystallinisch. Bestandtheile: Kohlensaurer Kalk, sehr häufig verunreinigt durch Eisen, Sand, Thon, Bittererde, Kieselsäure, Kohle und Bitumen. Specifisches Gewicht: 1·5 bis 3·00. Härte sehr verschieden, schwankend zwischen 3 (körniger Kalkstein) und 8 (einige Jurakalke). Wasseraufnahme: Beim dichten Kalkstein 0·68 bis 2·38 %, beim körnigen im Mittel 0·25 % des Gewichtes. Farbe: Beim reinen Kalkstein weiss, beim verunreinigten (durch Beimengungen von Oxyden gefärbten) grau oder gelblich, röthlich, bräunlich bis schwärzlich, bei den körnigen Kalksteinen (Marmorsorten) und einigen dichten Arten auch bunt, gefleckt, geadert, geflammt, gestreift und wolkig. Kohlensaures Eisenoxydul und kohlensaures Manganoxydul färben den Kalkstein gelblich bis bräunlich. Kohle und Bitumen geben ihm eine graue, bläuliche bis schwarze, Chlorit, Augit und Serpentin eine grüne Farbe. Festigkeit: Wegen der verschiedenartigen Structur und Härte ist die Festigkeit eine sehr verschiedene. Als Mittelwerthe kann man für 1 cm^2 Querschnitt annehmen: für Druckfestigkeit beim körnigen Kalkstein 700 *kg*, beim dichten 800 *kg*, für Schubfestigkeit 50 *kg*, für Biegungsfestigkeit 70 *kg*, für Zugfestigkeit nur 30 *kg*. Wärmeausdehnung bei einer Temperaturerhöhung von 1^0 *C.* = 0·000019 des Volumens. Wetterbeständigkeit beim dichten Kalkstein fast immer gut, beim körnigen mässig, weil derselbe nicht unempfindlich gegen die Witterungseinflüsse ist, bei den erdigen, weichen, leicht zerreiblichen, den jüngeren Gesteinsformationen angehörenden Kalksteinen gering. Die Dauerhaftigkeit der körnigen Kalksteine lässt sich durch Poliren erhöhen.

Vorkommen. Der Kalkstein ist ungemein verbreitet. Der körnige bildet regelmässige Lager und unregelmässige Stöcke und Gänge von sehr verschiedener Ausdehnung in der Urgneisformation, im krystallinischen Schiefergebirge, im Uebergangs-Thonschiefer und auch in jüngeren Formationen der Erdrinde, z. B. in der Juraformation. Der dichte Kalkstein findet sich in allen Flötzformationen, in denen er häufig im Verein mit Sandstein, Schiefergestein und Mergel mächtige Gebirgsmassen bildet.

Verschiedenes. Kalkstein löst sich in Säuren unter starkem Auf-

unreinweisser, lichtgelber, bräunlicher, grauer, rothbrauner bis schwarzer Farbe, aber auch gestreift, gefleckt, geadert, geflammt u. s. w.

Nach dem geognostischen Alter unterscheidet man folgende Hauptarten:

a) Den Uebergangs- oder Grauwackenkalkstein, der bei gleichmässiger Structur und grösserer Härte eine vorzügliche Politur annimmt und sich im Allgemeinen leicht und gut bearbeiten lässt. Er liefert die bunten Marmorarten und findet in der Technik eine vielseitige Verwendung.

b) Den Kohlenkalkstein, welcher eine grosse Härte besitzt und sich leicht schleifen und schön poliren lässt. Er wird, weil häufig schön gezeichnet, als Marmor verwendet, sowie seiner grossen Festigkeit wegen zu Chausseebauten und Strassenpflasterungen benutzt.

c) Den Muschelkalkstein, der einen ganz vorzüglichen Luftmörtel liefert, aber auch — wenn thonhaltig — zur Bereitung von Wassermörtel benutzt werden kann. Die härteren und specifisch schwereren (dichteren) Muschelkalke verwendet man auch zu Strassenpflasterungen und Chaussirungen. Die unterste Schicht des Muschelkalksteines bildet der dunkelgefärbte, dichte, feste und schwer formbare Zechstein, der einen guten Baustein liefert.

d) Den Alpenkalkstein. Er eignet sich als Baustein und wird zur Herstellung von Kunstgegenständen mannigfacher Art benutzt.

e) Den Liaskalkstein, den man als Baustein und wegen seines Thongehaltes auch zur Bereitung von Wassermörtel verwendet.

f) Den Rogenstein mit runden, hirsekorn- bis erbsengrossen Körnern von concentrisch-schaliger Structur und einem thonig-mergeligen Bindemittel. Er dient zu Bildhauerarbeiten, als Hau- und Bruchstein und wegen seiner Festigkeit auch zur Anfertigung von Trottoir- und Tischplatten, ja selbst zu Strassenpflasterungen und Chaussirungen und endlich zur Bereitung von Mörtel.

g) Den Jurakalkstein. Er liefert einen sehr widerstandsfähigen Hau- und Bruchstein und wird benutzt zu Bildhauerarbeiten, Treppenstufen, Säulen, zu fein- und scharfprofilirten Ornamenten und zu Strassenpflasterungen und Beschotterungen. Zu ihm gehört der lithographische Stein von Solnhofen in Bayern, welcher sehr eben geschichtet, äusserst dicht und feinkörnig, etwas thonhaltig und in Platten von 15 bis 30 *cm* zwischen dünnspaltigen, zum Theil schieferigen Schichten gelagert ist. Die harten, dichten, bläulichgrauen Platten von gleichmässiger Farbe und gleichmässigem Gefüge sind zu jeder Art lithographischen Druckes vorzüglich geeignet, aber auch sehr selten und demnach sehr theuer. Neben grosser Gleichmässigkeit in Structur und Farbe und einer nicht zu geringen Härte soll ein guter Steindruckkalkstein noch die Eigenschaft besitzen, in trockenem Zustande einen aufgegossenen Wassertropfen schnell einzusaugen und ihn vor seiner Verdunstung längere Zeit zurückzuhalten.

h) Die Kreide mit feinerdigem, meist lockerem Gefüge. Sie ist leicht zerreiblich und demnach stark abfärbend, im reinsten Zustande schneeweiss und von sehr geringer Härte (= 1), durch Thon oder Eisenoxyd grau oder gelblich gefärbt, und dann von grösserer Härte. Die Kreide ist durch Ablagerung mikroskopisch kleiner Panzerthierchen (sogenannter Foraminiferen) im Meer entstanden; die Form dieser Thierchen kann bei 300facher Vergrösserung deutlich erkannt werden. Man verwendet die weisse Kreide, welche erforderlichenfalls durch Schlämmen gereinigt wird, als Schreibstoff auf Holz

und Schiefer, als Farbe und Verdickungsmittel verschiedener Farbstoffe, zur Bereitung von Glaserkitt, bei der Herstellung von Glas und Cement, als Polir- und Putzmittel für Metalle und Alabaster, zum Kalkbrennen u. s. w. Man kann sie politurfähig machen und ihre Festigkeit erhöhen, wenn man sie in Wasserglas legt; sie verwandelt sich dann in kieselsauren Kalk. Die härteren und festeren Kreidearten kann man auch als Hau- und Bruchsteine verwenden, doch ist zu beachten, dass Kreide im Allgemeinen stark hygroskopisch ist. — Sehr geschätzt ist die Champagner-Kreide wegen ihrer Reinheit und Zartheit.

Zur Kreide gehört noch der Plänerkalk, ein feinerdiger, harter, thoniger oder sandiger Kalkstein, und die Tuffkreide von Mastricht, die sehr sandig, leicht zerreiblich und locker ist.

i) Den Grobkalk (Süsswasserkalk), welcher zu allerlei Bauarbeiten und zur Mörtelbereitung benutzt wird.

k) Den Ruinenmarmor, der ein mergeliger, spröder, dünngeschichteter, lichtgelblichgrauer, durch Eisen rostfarbig gefleckter, kurzmuschelig brechender Kalkstein ist, welcher als Bau- und Decorationsstein Verwendung findet.

l) Den Kieselkalkstein (Granit-Marmor) mit einem hohen Gehalte an ausgeschiedener Kieselsäure. Man benutzt ihn (besonders aber seine Abart, den Neubeuner Marmor, der sehr hart, wetterbeständig und politurfähig ist) zu Hochbauten, Grabmonumenten, Tisch-, Trottoir- und Ofenplatten, Kunstgegenständen u. s. w.

m) Den Kalktuff mit feinerdigem bis fast dichtem, aber auch sehr porösem, blasigem oder schwammigem Gefüge. Er bildet eine zusammengesinterte, gelblichgraue, gelblichweisse oder hellbraune Masse von kohlensaurem Kalk und Thon. Zu ihm gehört der Travertin, der unverwüstliche Baustein der alten Römer, der aber noch heute in Italien sehr viel zu Bauten und ausserdem zu Gartengrotten, Beeteinfassungen u. s. w. verwendet wird, der Karlsbader Sprudelstein und der marmorartige, politurfähige Almaser Stein (vom Granergebirge in Ungarn). — Der Kalktuff wird wegen seiner Porosität, Luftdurchlässigkeit, Leichtigkeit, Dauerhaftigkeit und Festigkeit, welche an der Luft noch allmälig wächst, gern zu Wohnhausbauten benutzt, trotz seines rauhen und löcherigen Aussehens, denn er liefert trockene und gesunde Räume. (Vergl. § 55.)

Zu erwähnen sind endlich noch der blätterige und der faserige Kalkstein, die für die Technik nur eine untergeordnete Bedeutung haben.

Verwendung. Aus dem Mitgetheilten geht hervor, dass die Verwendung der Kalksteine eine sehr mannigfaltige ist. Als Quader-, Hau- und Bruchsteine und als Material für Strassenpflasterungen und Chaussirungen eignen sich besonders die folgenden Arten: Marmor (körniger Kalkstein), Uebergangs- oder Grauwackenkalk, Alpenkalk, Jurakalk, Muschelkalk und Grobkalk — zum Kalkbrennen ausser den vorgenannten noch: Kalktuff, Kreide und Rogenstein — für Bildhauerarbeiten, Innendecorationen, Kunstgegenstände aller Art, für feinprofilirte und scharfe Ornamente u. s. w. alle Marmorarten, Alpenkalk und Jurakalk.

Mauerfrass. Kalkhaltige Steine (auch Kalkmörtel) erzeugen, wenn sie mit stickstoffhaltigen, verwesenden und organischen Stoffen in unmittelbare Berührung kommen, salpetersauren Kalk (Kalksalpeter), welcher aus der Luft Feuchtigkeit anzieht, zerfliesst und allmälig eine vollständige Zerstörung des-

Mauerwerkes herbeiführt. Auch wenn Kalkstein (oder Kalkmörtel) mit vegetabilischer (Garten- oder Damm-) Erde sich berührt, sind Zerstörungen zu befürchten, denn der kohlensaure Kalk erzeugt mit dem in solcher Erde stets vorhandenen Chlornatrium (Kochsalz) neben kohlensaurem Natron auch Chlorcalcium. Ersteres wittert aus und ist unschädlich, letzteres aber wird schnell feucht, zerfliesst und bildet auf dem Mauerwerke einen schmutzig-weissen, schmierigen, die Steine nässenden und erweichenden Ueberzug. (Vergl. § 61.) Man nennt diesen Vorgang Mauerfrass oder Salpeterfrass. Gegen ihn schützt man Kalksteinmauerwerk dadurch, dass man es nicht an solchen Stellen verwendet, wo derartige Stoffe an dasselbe gelangen können, also z. B. nicht an Aborten und Düngerstätten oder zu Grundmauern in Gärten, Wiesen, Dämmen und Deichen u. s. w., oder dadurch, dass man es mit verdünnter Schwefelsäure überstreicht, um die Bildung von trockenen Salzen (schwefelsauren Alkalien) und von schwefelsaurem Kalk (Gyps) herbeizuführen, die weder »Ausblühungen« noch Nässe im Mauerwerk hervorrufen, weil sie nicht Feuchtigkeit anziehen. — Man kann Mauerfrass vertreiben dadurch, dass man den Putz abschlägt, die Fugen auskratzt, die Mauerfläche nach gehöriger Austrocknung mit heissem Theer oder besser mit heissem Asphalt tränkt und auf diesen Anstrich einen Cementputz aufbringt oder (nach Mothes) dadurch, dass man nach Beseitigung des Putzes und Austrocknen des Mauerwerkes die Steine mit einer Mischung aus heissem Leinöl (500 *g*), Pech (250 *g*) und Wachs (64 *g*) überzieht und darüber einen Putz, am besten aus einem Gemenge von 2 Theilen Ziegelmehl, 2 Theilen pulverisirten Steinkohlenschlacken, 1 Theil Hammerschlag und $2^1/_4$ Theilen ungelöschtem, möglichst frischem Kalk und Wasser aufbringt. Ist der Mauerfrass schon ziemlich weit vorgeschritten, so ist es am besten, das von ihm ergriffene Mauerwerk zu beseitigen und durch neues, aus nicht kalkhaltigen Steinen (oder mit Schwefelsäure behandelten Kalksteinen) zu ersetzen.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass einige Kalksteinarten dem Mauerfrasse besser widerstehen als andere, und dass besonders mergelige Kalksteine derartigen Zerstörungen unterworfen sind.

§ 23. Der Dolomit.

Eigenschaften. Der Dolomit ist ein krystallinisch grob- bis feinkörniges oder dichtes, theils deutlich geschichtetes, theils massiges Mineral, das bei körniger Structur im Bruch Perlmutter- bis Glasglanz besitzt und an den Kanten mehr oder weniger durchscheinend ist.

Bestandtheile: Dolomit besteht aus einer chemischen Verbindung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia und führt als Nebenbestandtheile meistens etwas Eisen- und Manganoxydul, der körnige Dolomit ausserdem noch häufig Glimmer, Quarz, Kalkspath, Talk, Schwefelkies u. s. w. Specifisches Gewicht: 2·85—2·95. Wasseraufnahme in 125 Stunden = 1·5% des Trockengewichtes. Härte: 3·5—4·5 (bei einigen Dolomiten sogar 8—9). Wärmeausdehnung bei einer Temperaturerhöhung von 1° *C.* = 0·000035 des Volumens. Farbe gelblichweiss, braun oder grau, seltener weiss, rosenroth und schwarz. Festigkeit: Gegen Druck 450 bis 1300 *kg*, gegen Schub 48—90 *kg*, gegen Biegung 65—180 *kg*, gegen Zug 10 bis 36 *kg* für 1 cm^2 Querschnitt. Wetterbeständigkeit: Beim körnigen

Dolomit im Allgemeinen sehr gross, nur wird er durch die im Steinkohlenrauch vorhandene schwefelige Säure angegriffen, so dass man ihn in Fabrikstädten nicht gut als Baustein verwenden kann; beim dichten Dolomit, der meistens mehr zerklüftet ist, im Allgemeinen mässig.

Vorkommen. Der Dolomit ist weit verbreitet und bildet Lager und Stöcke in anderen Gebirgsmassen, z. B. im Gneis, Glimmerschiefer, Thonschiefer u. s. w., auch findet er sich in Adern, in Drusenräumen, auf Klüften und auf Erzgängen.

Verwendung. Der krystallinisch körnige, politurfähige und oft marmorartige Dolomit wird zu Hoch-, Brücken-, Wasser- und Tunnelbauten, zu Steinmetzarbeiten aller Art, zu Säulen, Ornamenten, Denkmälern u. s. w. verwendet und gleich den übrigen Dolomitarten zur Mörtelbereitung benutzt.

Verschiedenes. Dolomit zeigt beim Begiessen mit kalten Säuren meistens nur ein ganz schwaches Aufbrausen; er muss pulverisirt, erwärmt und dann mit Säuren begossen werden, wenn man ihn auflösen will. Er phosphorescirt, namentlich beim Reiben und Erwärmen, und leuchtet auf, wenn man gegen ihn mit einem Hammer in schräger Richtung schlägt. Der dichte Dolomit ist dem dichten Kalkstein sehr ähnlich, jedoch härter und schwerer; der körnige Dolomit ist zuckerartiger und poröser als der körnige Kalkstein.

Eintheilung. Ausser dem körnigen und dem dichten Dolomit sind noch zu nennen:

die Rauchwacke (Rauchkalk), ein cavernöser Dolomit mit feinem Korn und theils fester, theils lockerer Masse;

der Dolomitsand (Dolomitasche), erdig und staubartig;

der dolomitische Kalk, mit freiem kohlensauren Kalk;

der Wellendolomit, mit wellenförmig gebogenen Schichtungsflächen;

der Flammendolomit, buntgefleckt oder geflammt.

§ 24. Der Mergel.

Eigenschaften. Mergel bildet ein inniges Gemenge von kohlensaurem Kalk oder Dolomit und Thon. Er enthält auch häufig in grösserer oder geringerer Menge feinen Quarzsand und feine Glimmerblättchen, auch Schwefelkies, Manganoxydul u. s. w., und ist hin und wieder bituminös. Sein Gefüge ist locker oder dicht, erdig oder schiefrig, stengelig oder kugelförmigschalig. Specifisches Gewicht: 2·3 (erdiger Mergel) bis 2·5 (harter und dichter Mergel). Härte verschieden, gewöhnlich = 3. Mergel ist im Allgemeinen weicher als Kalkstein.

Vorkommen. Mergel ist in allen geschichteten Gebirgsformationen vorhanden; er bildet dort neben dem Sandstein und Kalkstein das wichtigste Gestein und tritt bisweilen in bedeutender Mächtigkeit auf.

Eintheilung. Man theilt die Mergelgebilde in der Regel ein, in:

1. Kalkmergel, mit vorherrschendem Kalkgehalt (im Mittel 75%); er dient zur Bereitung von Luft- und Wassermörtel.

2. Thonmergel, mit vorwaltendem Thongehalt (bis 85%); er giebt einen guten Wassermörtel und wird zum Dichten von Wasserbehältern und Rohrleitungen benützt.

3. Dolomitmergel, mit starkem Magnesiagehalt (bis 40%); er wird hauptsächlich zur Herstellung von Wassermörtel verwendet.

4. Sandmergel (Lehmmergel), mit starker Beimischung von Quarzsand (bis 75%); er zerfällt in der Luft allmälig zu Mergelerde.

5. Bituminöser Mergel (Stinkmergel).

Ferner unterscheidet man noch:

6. Steinmergel, welcher sehr dicht, fest, hart, kalkreich und hin und wieder politurfähig ist; er eignet sich zur Herstellung von Bruchsteinmauerwerk und Cement.

7. Mergelschiefer, der grauschwarz und bituminös ist und reichlich Kupfererze (daher auch Kupferschiefer genannt), aber auch andere Metalle (wie z. B. Silber und Bleiglanz) führt und hauptsächlich zur Gewinnung von Kupfer dient (bedeutendster Steinbruch im Mansfeldischen).

8. Mergelerde, mit losem Bruch; sie wird vorzugsweise als Düngemittel benützt.

9. Mergeltuff, welcher porös und löcherig ist und in manchen Gegenden als Baustein Verwendung findet.

Feinkörnige und quarzreiche Mergel mit äusserst dichter und gleichmässiger Beschaffenheit liefern vorzügliche Wetz- und Schleifsteine. (Vergl. auch § 60.)

§ 25. Der Hornblendefels und Hornblendeschiefer.

Eigenschaften. Der Hornblendefels stellt ein krystallinisch körniges Gemenge von dunkelgrüner bis schwarzer Hornblende dar, das häufig Oligoklas und als unwesentliche Bestandtheile Quarz, dunklen Glimmer, Granat, Magneteisen, Schwefelkies u. s. w. führt. Der Hornblendeschiefer bildet ein meist dickschieferiges Hornblendegestein, welches gewöhnlich dieselben unwesentlichen Gemengtheile und dieselbe Farbe wie der Hornblendefels besitzt. Bei reichlichem Oligoklasgehalt ist letzteres Gestein leicht mit Dioritschiefer zu verwechseln. Mit diesem Gestein und mit Syenit bildet es Uebergänge. Specifisches Gewicht der Hornblendegesteine: 2·91—3·15; Härte: 5—6; Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter im Durchschnitt 740 *kg*.

Vorkommen. Die Hornblendegesteine kommen meistens nur als wenig ausgedehnte Einlagerungen (Stöcke und Gänge) im Gneis, im Glimmer-, Chlorit- und Urthonschiefer vor und gehören zu den ältesten Gebirgsarten.

Verwendung. Der Hornblendefels liefert einen guten Stoff für Hoch- und Strassenbauten und, wenn er Kalkspathadern einschliesst, auch für Decorationen. Der Hornblendeschiefer wird zu Trottoir- und Flurplatten, zu Treppenstufen, hier und da auch als Dachschieferstein, sowie seiner Leichtflüssigkeit wegen als Zuschlag beim Einschmelzen, zur Bereitung von Steinglas (zur Anfertigung von Knöpfen u. s. w.), bei der Glasfabrikation u. s. w. verwendet. Zu Dacheindeckungen eignet sich besonders der norwegische dünngeschichtete Hornblendeschiefer.

Abart: Der Strahlstein oder der Aktinolithschiefer.

§ 26. Der Topfstein (Talkschiefer).

Eigenschaften. Der Topfstein (Lavezstein) bildet ein sehr weiches, fettig anzufühlendes, perlmutterartig glänzendes, dichtes und dickschieferiges Gestein mit splitterigem bis unebenem Bruch und eine Abart des reinen Talkgesteins (Talkschiefers).

Bestandtheile: Er besteht aus schuppigen Talkmassen mit Chlorit und Asbest und führt als zufällige Bestandtheile häufig Glimmer, Magneteisen, Schwefelkies u. s. w. Specifisches Gewicht: 2·77—3·02. Härte: 1—2. Farbe grünlichgrau. Verschiedenes. Der Topfstein ist ganz unschmelzbar und leicht zu bearbeiten.

Vorkommen. Der Topfstein ist mit Talkschiefer und Chlorit vergesellschaftet und bildet oft mächtige Lager im Thonschiefer; er ist in den Alpen sehr verbreitet und kommt unter Anderem auch bei Erbendorf in Bayern vor.

Verwendung. Man verwendet das Gestein seiner Feuerbeständigkeit wegen zur Herstellung von Kochgeschirren, indem man hierzu eine Art von Schneidemühle benutzt, ferner als Gestellstein für Hochöfen und zu Ofenplatten.

§ 27. Der Serpentin (Serpentinfels, Schlangenstein).

Eigenschaften. Der Serpentinstein ist ein krystallinischer, unvollkommen blätteriger, faseriger und körniger bis dichter Fels mit schwachem Fettglanz, muscheligem bis unebenem, auch erdigem Bruch und an den Kanten durchscheinend bis undurchsichtig. Bestandtheile: Das Mineral Serpentin, ein Umwandlungsproduct verschiedener krystallinischer Gesteine, besonders der Olivingesteine, und einige zufällige Gemengtheile, wie z. B. Olivin, Magneteisen, Hornblende, Glimmer, Quarz, Asbest u. s. w. Specifisches Gewicht: 2·5—2·9. Härte: 3—4 (des frischgebrochenen Gesteins = 2·5). Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter im Durchschnitt 840 *kg*. Wetterfestigkeit sehr gross. Wassergehalt des frischgebrochenen Gesteins im Durchschnitt 12·89%, mit wachsendem Alter abnehmend. Farbe meist dunkellauchgrün, auch wachsgelb, schwefelgelb, hellgrün, roth, braun, grau und häufig schlangenartig gefleckt (daher sein Name) oder geadert. Porositätscoëfficient: 0·56.

Vorkommen. Serpentin bildet ausgedehnte Lager, Stöcke und Gänge namentlich im krystallinischen Schiefergebirge, findet sich aber auch eingesprengt in Trümmern anderer Gesteine und tritt gewöhnlich mit Gabbro auf.

II. Gemengte krystallinische Gesteine.

A. Plutonische und metamorphische.

1. Orthoklasgesteine.

§ 28. Der Granit.

Eigenschaften. Der Granit bildet ein fein- bis grobkörniges, gemengt krystallinisches Gestein ohne Schichtbildung und ohne Versteinerungen. Bestandtheile: Feldspath (hauptsächlich Orthoklas), Quarz und Glimmer. Als unwesentliche Gemengtheile führt der Granit Hornblende, Turmalin, Granat, Magneteisenstein, Schwefelkies u. s. w. Specifisches Gewicht: 2·55—3·02. Farbe gelblich oder röthlich, aber auch weiss, grau oder grünlich und abhängig von den Bestandtheilen. Der Hauptbestandtheil Feldspath tritt im Granit weiss-, grau-, gelb-, roth- oder grüngefärbt, der Quarz weiss- oder graugefärbt, der Glimmer grau-, seltener schwarz- oder grüngefärbt auf. Härte: 6—7, auch 7—8, also bedeutend. Wasseraufnahme (Porositätscoëfficient): im Mittel 0·61 % beim feinkörnigen, 0·45 % beim grobkörnigen Granit. Wärmeausdehnung bei einer Temperaturerhöhung von 1° *C.* durchschnittlich 0·000026 des Volumens. Festigkeit. Sie ist bei quarzreichen Arten grösser als bei feldspath- und glimmerreichen und beträgt im Mittel für Druck: 1300 *kg* (grösster Werth 2700 *kg*), für Zug: 30 *kg* (grösster Werth 45 *kg*), für Schub: 80 *kg* (grösster Werth 127 *kg*), für Biegung: 140 *kg* (grösster Werth 210 *kg*) für das Quadratcentimeter. Wetterbeständigkeit ausserordentlich hoch, wenn das Gestein aus gesunden Lagern stammt.

Vorkommen. Der Granit gehört zu den verbreitetsten Gesteinen, denn er findet sich in den meisten Gebirgen der Erde vor; er bildet dort vielfach die Centralmasse der höchsten Berge und ist ein Hauptglied des Urgebirges. Man findet ihn in grossen, stockförmigen Massen oder Gängen (namentlich im Thonschiefer) und in Lagern.

Verwendung. Der Granit gilt für den vornehmsten Stein der Monumentalarchitektur. Man braucht ihn seiner grossen Dauerhaftigkeit, Festigkeit, Härte u. s. w. wegen zur Herstellung von Fundamenten, Sockeln, Mauern und Pfeilern; weil er sich — wenn auch nur schwer — poliren lässt, auch zu Säulen, Gesimsen, Wandbekleidungen, Thür- und Fenstergewänden, sodann zu Treppenstufen, Trottoirplatten, Schwellen, Pflasterungen, Beschotterungen, Bordschwellen (Randsteinen), ferner zu Brücken, Ufermauern, Brunnenschalen, Denkmälern u. s. w.

Verschiedenes. Die Güte des Granites hängt ab: von der Korngrösse (mittelfeinkörnige werden im Allgemeinen mehr geschätzt als fein- und grobkörnige Arten), von der chemisch-mineralogischen Beschaffenheit (quarzreiche Sorten [mit weissem Orthoklas] werden den feldspathreichen vorgezogen, weil sie dauerhafter sind, denn feldspathreiche Granite verwittern leicht), von der Farbenschönheit und Farbenbeständigkeit (eine gelbliche, rostartige Farbe des Glimmers deutet auf eine beginnende oder bereits vorhandene Verwitterung hin), von der Frostbeständigkeit (Granite mit Rissen, selbst wenn dieselben mit blossem Auge kaum sichtbar sind, werden leicht durch Frost zerstört, weil in die Risse das Wasser eindringen und beim Gefrieren in Folge seiner hierbei eintretenden Volumenvergrösserung

den Stein sprengen kann), von der Lage im Steinbruch (die unmittelbar unter dem Abraum, der sogenannten Schwarte, liegenden Granitmassen sind häufig »angefault« d. h. in Verwitterung begriffen; die in der Nähe von Verwerfungsklüften liegenden sind oft rissig, die neben anderen Felsmassen gelagerten haben oft ein etwas schieferiges Gefüge u. s. w.), von der Druckfestigkeit u. s. w.

Wegen der grossen Härte und Festigkeit ist Granit schwer zu bearbeiten. Bei der Bearbeitung ist wegen seines Quarzgehaltes ein Ausspringen der Kanten zu befürchten. Zum Schleifen und Poliren eignen sich besonders die quarzreichen und glimmerarmen Arten, zu Bildhauerarbeiten die feinkörnigen, die eine sehr feine Politur annehmen, zu Strassenpflasterungen die härteren und festeren u. s. w. Das Poliren macht insofern Schwierigkeiten, als der Feldspath erst rauh geschliffen erscheint, wenn der Quarz bereits Politurglanz zeigt und der Glimmer schon ausgerieben oder wenigstens schon blind geworden ist. Um eine schöne Politur zu erhalten, werden die Glimmervertiefungen nach dem Poliren durch Abreiben des Steines mit Speckstein oder venetianischem Talk ausgefüllt; hierdurch erhält der Stein einen schwachen Silberglanz, der haftengebliebene Glimmer aber wird grau. Es empfiehlt sich, Ornamente beim Granit zu vermeiden und zu Gesimsen, Treppenstufen u. s. w. nur einfache, nicht zu kleine Profile mit rechten oder stumpfen Winkeln zu wählen.

Noch zu erwähnen ist, dass durch die Zersetzung des Orthoklas aus dem Granit Kaolin (Porzellanerde, Thon) entsteht.

Abarten. Ausser dem sogenannten Normalgranit, aus vorherrschend weissem Orthoklas, wenig Oligoklas, reichlichen Mengen Quarz und weissem und schwarzem Glimmer, unterscheidet man noch die folgenden Arten:

1. Riesengranit mit einzelnen Körnern von mehr als Erbsengrösse.

2. Porphyrartiger Granit mit feinkörniger Grundmasse, in welcher einzelne grosse Orthoklaskrystalle eingebettet sind;

3. Gneisgranit und Alpengranit, mit wenig schiefrigem Gefüge;

4. Schriftgranit mit grossen Orthoklasindividuen, wenig Glimmer und stengeligen, parallelstehenden Quarzprismen, die das Gestein so durchwachsen haben, dass auf den Bruchflächen senkrecht zu den Quarzprismen schriftähnliche Zeichen entstehen;

12. Granitit aus rothem Orthoklas, reichlichen Mengen Oligoklas, wenig Quarz und geringen Mengen von schwärzlich-grünem Magnesiaglimmer;

13. Grüner Granit mit apfelgrünem Feldspath;

14. Greisen mit grauem Quarz, grünem Glimmer und ohne oder nur mit ganz geringen Mengen Feldspath u. s. w.

§ 29. Der Granulit.

Eigenschaften. Der Granulit ist ein mittelkleinkörniges, krystallinisch-schiefriges, regelmässig geschichtetes Gestein mit kleinsplitterigem Bruch. Bestandtheile: Feinkörniger bis dichter Orthoklas, Quarz in sehr dünnen, platten Körnern und eingestreute hirsekorngrosse, rothe Granaten oder an Stelle derselben Glimmer. Specifisches Gewicht: 2·56—2·67. Farbe hauptsächlich weiss oder weisslichgrau, aber auch (durch Eisenoxydul?) hellgelb, hellroth u. s. w. Wetterbeständigkeit: Granulit ist im Allgemeinen der Verwitterung leicht unterworfen, stets aber von geringerer Dauer als der Granit wegen des geringeren Quarzgehaltes. Härte ähnlich der des Granites.

Vorkommen. Granulit bildet in älteren krystallinischen Gesteinen (im Gneis, Granit, Serpentin u. s. w.) gangartige, grössere oder kleinere Ablagerungen.

Verwendung. Da sich das Gestein wegen seiner gleichmässigen Schichtung leicht und in meist ebenflächige Platten spalten und frischgebrochen sich gut poliren lässt, so eignet es sich zur Herstellung von Fensterbänken, Trottoirplatten, Tischplatten, Treppenstufen u. s. w. Auch für rohe Mauern (Fundamente) und für Chausseebauten (Unterbettungen) liefert es einen recht brauchbaren Stoff, dagegen lässt es wegen seiner Härte, und weil es in dünnen Platten bricht, eine weitere Bearbeitung nicht zu.

Abarten: Glimmergranulit (schiefriger Granulit), sehr glimmerreich und mit dünn- oder dickschaligem Gefüge, Hornblendegranulit, mit Hornblende, Gneisgranulit, mit vielem Glimmer und einem flaserigen, dickschieferigen Gefüge, Diallaggranulit (Trappgranulit) aus Diallag, Plagioklas, Quarz, Granat, auch Hornblende, Orthoklas, Augit u. s. w., gefleckter Granulit oder Forellenstein, mit dunklen, von Hornblende herrührenden Flecken.

§ 30. Der Felsitporphyr (Quarzporphyr).

Eigenschaften. Der Felsit- oder Quarzporphyr bildet ein gemengt-krystallinisches Gestein mit einem dichten oder feinkörnigen, schiefrigen, kugeligen, lockeren, erdigen u. s. w. Gefüge und einem splitterig-muscheligen oder matten, unebenen u. s. w. Bruch. Bestandtheile: Die Grundmasse, Felsit genannt, besteht aus einem sehr feinen und innigen Gemenge von Feldspath und zarten Quarzkörnchen und enthält eingesprengt grosse Orthoklaskrystalle, Quarz in hirsekorn- bis erbsengrossen runden Körnern oder gut ausgebildeten Krystallen, Glimmer u. s. w. Sie zeigt nicht nur in ihrem Gefüge, sondern auch in dem Mengenverhältnisse ihrer Bestandtheile eine grosse Mannigfaltigkeit, denn sie ist entweder dicht, sehr hart und splitterig oder feinkörnig, zähe und weich oder matt, rauh, locker, weniger fest und leicht zersprengbar oder auch erdig u. s. w. und besitzt manchmal eine lagenförmige, schiefrige oder gebänderte Structur (schiefriger Porphyr) oder eine drusenförmige (Mühlsteinporphyr) oder eine schalige, kugelige,

sphärolithische (Kugelporphyr) u. s. w. Farbe sehr verschieden, meistens röthlich, grünlich, gelblich und grau. Specifisches Gewicht: 1·55—2·793. Härte meistens sehr gross, bei einigen Arten (siehe unten) auch gering. Wasseraufnahme in 125 Stunden durchschnittlich 0·65%. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter im Mittel 1300 *kg* (höchster Werth 2700 *kg*). Wetterbeständigkeit im Allgemeinen bedeutend.

Vorkommen. Der Felsitporphyr bildet mächtige Lager und Gänge, auch grosse Bergmassen und gewaltige Decken im Rothliegenden, im Buntsandstein, im Zechstein u. s. w.

Verschiedenes. Einige Arten lassen sich ihrer grossen Härte wegen nur schwer bearbeiten, nehmen aber eine vorzügliche Politur an und sind ausserordentlich fest; andere Arten (wie z. B. der Thonporphyr) haben dagegen eine geringe Tragfähigkeit, sind leichter zu bearbeiten und nicht politurfähig. Der Felsitporphyr bildet Uebergänge einerseits in Granit, anderseits in Pechsteinporphyr. Wegen der vorherrschenden rothen Farbe wird der Felsitporphyr meistens »rother Porphyr« genannt.

Verwendung. Wegen ihrer grossen Dauerhaftigkeit, hohen Festigkeit, wirkungsvollen Farbe und ausgezeichneten Politurfähigkeit werden die härteren Arten zur Herstellung von Säulen, Sockeln, Denkmälern, Skulpturen, zu Quadersteinen für die Monumentalarchitektur, auch zu Treppenstufen, Pflasterungen und Chaussirungen u. s. w. verwendet.

Eintheilung. Man unterscheidet vornehmlich folgende Arten:

1. Den Hornsteinporphyr, ein vollkommen dichtes, sehr sprödes und sehr hartes Gestein mit splitterig-muscheligem Bruch, dessen Grundmasse aus grösseren Mengen Orthoklaskrystallen besteht und viele glasige Bestandtheile enthält.

2. Den Feldsteinporphyr (eigentlichen Felsitporphyr), ein feinkörniges, sehr zähes und hartes Gestein mit mattem, unebenem Bruch, dessen Grundmasse wenig Quarzkörner, aber sehr viele Orthoklaskrystalle besitzt.

3. Den Thonsteinporphyr, ein durch begonnene Verwitterung bereits weich gewordenes Gestein.

Wasseraufnahme in 125 Stunden: durchschnittlich 0·48 %. Porenraum: im Mittel 1·3 %. Wetterbeständigkeit sehr gross. (Syenit übertrifft an Dauerhaftigkeit selbst den Granit.)

Vorkommen. Man findet den Syenit in mächtigen, stark zerklüfteten Massen in den ältesten Formationen. Er bildet aber auch Gänge und Stöcke, ist häufig von Granitgängen durchzogen und von Gneis, Glimmer- und Thonschiefer, krystallinischem Kalkstein u. s. w. umschlossen.

Verschiedenes. Die alten Aegypter bezogen den Stein, aus welchem sie Obelisken, Pyramiden, Tempel u. s. w. herstellten, aus der Stadt Syena (dem heutigen Assuan in der Landschaft Thebais). Von diesem Orte führt das Gestein seinen Namen. Besitzt der Syenit eine Streckung, d. h. stehen die Hornblendesäulen parallel, so ist er schwerer zu bearbeiten; haben die Orthoklaskrystalle eine parallele Lagerung, so lässt sich das Gestein in Platten abbauen.

Verwendung. Da das Gestein eine hohe Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Farbenschönheit und Politurfähigkeit besitzt, eignet es sich besonders zur Herstellung von Sockeln, Denkmälern und als Baustein für Prachtbauten, ferner zu Brückenpfeilern, Strassenpflasterungen (das Pflaster von Dresden besteht aus rothem Syenit), Chaussirungen u. s. w.

Eintheilung. Man theilt die Syenite und ihre Uebergänge ein in:

1. Den echten Syenit oder Hornblendesyenit, meistens ohne jeden Quarzgehalt;

2. Den Syenitporphyr (Orthoklasporphyr), einen quarzfreien Syenit mit grösseren Orthoklaskrystallen und einem porphyrartigen Gefüge;

3. Den Glimmersyenit, der statt der Hornblende Plagioklas und grünen Magnesiaglimmer enthält;

4. Den Syenitgranit oder Hornblendegranit, mit Hornblende, Plagioklas, grünem Magnesiaglimmer und Quarz.

5. Den Syenitgneis oder Syenitschiefer, welcher eine faserige oder schiefrige Structur zeigt;

6. Den Zirkonsyenit, mit Orthoklas, wenig Hornblende und reichen Mengen von Zirkonkrystallen und Eläolith oder Nephelin;

7. Den Monzonit, mit Orthoklas, Plagioklas, Biotit und grossen Mengen Hornblende oder Augit.

2. *Plagioklasgesteine.*

§ 32. Der Diorit.

Eigenschaften. Der Diorit oder Hornblendegrünstein besteht aus einem innigen krystallinischen Gemenge mit grob- bis feinkörnigem, auch dichtem, porphyrischem, kugeligem oder schiefrigem Gefüge. Bestandtheile: Schwärzlichgrüne bis grünlichschwarze Hornblende in Körnern und Nadeln und weisser, gelblicher oder grünlicher Plagioklas (Oligoklas oder Andesin). Hierzu treten zuweilen noch weissgraue, fettglänzende und meistens grobe Quarzkörner und hellrothe Augitkörner sowie als zufällige Gemengtheile Schwefelkies, Chlorit und Glimmer. Farbe meistens schwarzgrün. Specifisches Gewicht: 2·8—3·0. Härte durchschnittlich 5—6. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter im Mittel 2000 *kg* (höchster Werth 2780 *kg*). Wasseraufnahme höchstens 0·5 %. Porositätscoëfficient: 0·25. Wetter-

beständigkeit ausserordentlich gross, wenn nicht grössere Mengen von Schwefelkies im Gestein vorhanden sind.

Vorkommen. Der Diorit bildet meistens ein unregelmässig zerklüftetes, seltener in Kugeln oder Säulen abgesondertes Gestein ohne grosse Verbreitung. Man findet ihn im Gerölle und Geschiebe, als gang- und stockartige Lager, als Begleiter von Erzlagern und besonders im Gebiete des krystallinischen Schiefergebirges, aber auch im Gneis, Syenit, Kalkstein, in der Grauwacke u. s. w.

Verschiedenes. Diorit ist wegen seiner grossen Zähigkeit sehr schwer zu sprengen und zu bearbeiten, jedoch kann man ihm — allerdings nur unter Aufwendung vieler Mühe — eine sehr schöne und haltbare Politur geben.

Verwendung. Der Fels eignet sich ausgezeichnet zu Pflasterungen und Chaussirungen, kann aber auch zu Quadersteinen, Säulen, Denkmälern, und — wenn er Schieferstructur besitzt — zu Platten sowie bei sphärolithischem Gefüge (wie auf Corsika) in Platten zugeschnitten als Decorationsstein verwendet werden.

Eintheilung. Man unterscheidet:

1. den gewöhnlichen oder Normaldiorit mit fein- bis grobkörnigem Gefüge;
2. den Diorit-Aphanit (dichten Grünstein) mit sehr feinkörnigem, kryptokrystallinischem Gefüge;
3. den Glimmerdiorit mit reichen Mengen von schwarzem oder braunem Glimmer;
4. den Quarzdiorit mit starkem Quarzgehalt;
5. den Dioritporphyr mit ausgeschiedenen grösseren Krystallen von hellgrünem Oligoklas und Hornblende und mit porphyrischem Gefüge (vorzugsweise Glimmerdiorit);
6. den Dioritschiefer mit unvollkommen schiefriger Structur, durch parallele Lagerung der Hornblendesäulen hervorgerufen;
7. den Kugeldiorit (Corsit) mit sphärolithischer Structur.

Verwendung. Im grossen Ganzen ist die Verwendung des Diabas die gleiche wie die des Diorit, nur können bereits in der Verwitterung begriffene Steine nicht zu Strassenpflasterungen und Chaussirungen benutzt werden.

Eintheilung. Nach dem Gefüge unterscheidet man:

1. den körnigen Diabas mit deutlich erkennbaren Gemengtheilen;

2. den Diabasaphanit mit kryptokrystallinischer Structur und starkem Chloritgehalt;

3. den Diabasporphyr mit feinkörniger bis dichter Grundmasse, aus welcher grosse Labradorkrystalle (Labradorporphyr) oder Augitkrystalle (Augitporphyr) hervortreten;

4. den Diabasschiefer (Grünsteinschiefer), ein feinkörniges bis dichtes, sehr chloritreiches Gestein mit mehr oder weniger vollkommener Schieferstructur;

5. den Diabasmandelstein (Grünmandelstein, Blatterstein) mit Mandeln von Kalkspath;

6. den Kalkaphanit mit feinvertheilten Kalkspathkörnern und oft schiefriger Structur (Kalkaphanitschiefer, Kalkdiabasschiefer);

7. die Diabaswacke, ein weiches Gestein, das zu Bruchsteinen Verwendung findet.

§ 34. Der Porphyrit.

Eigenschaften. Der Porphyrit ist ein gemengtes krystallinisches Gestein mit porphyrischem Gefüge, das zu den Porphyrgesteinen gehört. Bestandtheile: Eine aus Plagioklas und Hornblende oder Glimmer bestehende, sehr feinkörnige bis dichte Grundmasse, aus welcher Orthoklaskrystalle (Orthoklasporphyr), Oligoklaskrystalle (Oligoklasporphyr) oder Hornblendekrystalle (Hornblendeporphyr) hervorragen, oder brauner bis schwarzer Glimmer (Glimmerporphyr) ausgeschieden ist, und die selten Quarzkörner enthält. Farbe verschieden; gewöhnlich braunroth, dunkelgrau oder bläulichgrau. — Härte, specifisches Gewicht, Festigkeit, Wetterbeständigkeit, Verwendung u. s. w. ähnlich der des Felsitporphyrs. (Siehe § 29.)

Vorkommen. Porphyrit bildet mächtige Gänge, Stöcke und Lager, namentlich im Gebiete des Granit und Syenit.

§ 35. Der Melaphyr.

Eigenschaften. Der Melaphyr oder schwarze Porphyr (Basaltit) ist ein feinkörniges bis dichtes, häufig mandelsteinartiges, aber auch porphyrisches Eruptivgestein. Bestandtheile: In einer glasigen (basaltischen) Grundmasse, welche hauptsächlich aus Labrador und einem noch nicht genau bestimmten Silicate (Augit, Hornblende oder Pyroxen?) besteht, sind Plagioklas (seltener Orthoklas), Augit, Olivin, Apatit u. s. w. ausgeschieden. Als zufällige Bestandtheile führt der Melaphyr: Schwefelkies, Magneteisenstein, Kupfer, Silber, Quarz, Glimmer, Hornblende u. s. w. Farbe dunkelgrau, dunkelgrün, schmutzigroth oder schwarz. Härte ziemlich gross. Specifisches Gewicht: 2·5—2·8. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter durchschnittlich 1200 *kg* (höchster Werth 1760 *kg*). Wetterbeständigkeit im Allgemeinen mässig; Melaphyr kann deshalb als Baustein nicht ohne Bedenken verwerthet werden. Wasseraufnahme sehr gering.

Vorkommen. Der Melaphyr kommt in mächtigen Lagern, Gängen, Stöcken, Decken und Kuppen mit platten- oder bankförmigen, auch säulen- oder kugelförmigen Absonderungen im Gebiete der Steinkohle, des Rothliegenden und des unteren Zechstein vor.

Verschiedenes. Melaphyr ist oft verwittert und zeigt dann eine erdige Structur und eine grüne, bei weiter vorgeschrittener Zersetzung gelblichgrüne bis braune Farbe. Angewitterter Melaphyr riecht nach Thon, braust mit Säuren auf, ist schmelzbar und lässt sich mit dem Messer ritzen.

Verwendung. Aus unverwittertem Melaphyr stellt man Strassenpflasterungen und Chaussirungen und, weil er Politur annimmt, auch Grabdenkmäler her. Das Gestein wird durch den Strassenverkehr weniger glatt als der ihm ähnliche Basalt. Die in Paris, Berlin, München u. s. w. mit ihm bei Pflasterungen gemachten Erfahrungen waren jedoch wenig befriedigend. Zersetzter Melaphyr liefert einen fruchtbaren Ackerboden.

Abarten: 1. Melaphyrporphyr mit feinkörniger bis dichter Grundmasse, aus welcher Labrador- oder Glimmer-, auch Hornblende- und Augitkrystalle hervortreten;

2. Melaphyrmandelstein mit Blasenräumen, welche mit Mandeln aus Kalk- und Braunspath, Quarz (Bergkrystall), Jaspis, Achat, Amethyst, Silber, Kupfer u. s. w. ausgefüllt sind, sowie mit grösseren, nach innen offenen Höhlungen, die zum Theile mit Kalkspath, Quarz u. s. w. angefüllt sind;

3. Palatinit mit Diallaggehalt.

§ 36. Der Gabbro.

Eigenschaften. Der Gabbro (Urgrünstein, Zobtenfels) bildet ein meist granitartig grob- bis feinkörniges, regellos verwachsenes krystallinisches Gemenge. Bestandtheile vorherrschend Labrador oder Saussurit mit Diallag (Diallaggabbro) oder Smaragdit (Smaragditgabbro). Als zufällige Gemengtheile sind zu nennen: Olivin (Olivingabbro), Quarz, Hornblende, Talk, Glimmer, Granat, Magnetkies, Magneteisen, Schwefelkies u. s. w. Farbe gewöhnlich dunkelgrün. Härte: 6—7 auch 7—8. Specifisches Gewicht:

Ornamenten, Wandbelag- und Tischplatten, kleinen Säulen u. s. w. verwendet, jedoch auch als Baustein und zu Mühlsteinen, Strassenpflasterungen und Chaussirungen.

3. Glimmergesteine.

§ 37. Der Gneis.

Eigenschaften. Der Gneis (Gneiss, Gneus, Gneuss) ist ein krystallinisch-körniges, flaseriges bis schiefriges Gestein, das sich nur durch seine Structur vom Granit unterscheidet. Bestandtheile: Dieselben wie beim Granit, nämlich Orthoklas (zum Theile auch Oligoklas), Quarz und Kali- oder Magnesiaglimmer, von denen zumeist der Glimmer vorherrscht (Glimmergneis), der Quarz aber mehr zurücktritt. Der Glimmer ist manchmal theilweise durch Hornblende (Hornblendegneis), Talk (Protogin- oder Talkgneis), Chlorit (Chloritgneis) oder Graphit (Graphitgneis) vertreten; ausserdem führt das Gestein auch Eisenglimmer (Eisenglimmergneis), Plagioklas u. s. w. Farbe je nach den Gemengtheilen verschieden, meistens schwärzlich oder röthlichgrau, aber auch blau, violett und weiss gesprenkelt. Specifisches Gewicht: 2·4—2·9.

Härte: Fast dieselbe, wie die des Granit. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter im Mittel etwa 1700 *kg*. Wetterbeständigkeit: Beim quarzreichen, dickbankigen, lagenförmigen Gneis dieselbe wie beim Granit, beim glimmerreichen, eisenhaltigen, dünngeschichteten Gneis dagegen geringer, so dass solche Gesteinsarten nur mit Vorsicht zu verwenden sind. Wasseraufnahme gering.

Vorkommen. Gneis gehört zu den weitverbreitetsten und ältesten Gesteinen der Erde; er bildet die unterste aller bekannten Ablagerungen und hat meistens eine kolossale Mächtigkeit (nach Studer von 10—20.000 *m*). Man findet ihn in fast allen grösseren Gebirgen der Erde, wo er häufig mit Glimmer-, Hornblende-, Chlorit- und Graphit-Schiefersteinen, mit Quarziten, Serpentinsteinen, Kalksteinen, Granitgneisen u. s. w. abwechslungsreiche Schichtenreihen bildet und stellenweise gang- und stockförmig von Erzen durchsetzt ist.

Verschiedenes. Durch Verlust des schiefrigen Gefüges und Hervortreten der körnigen Structur geht der Gneis in Granit, durch Ueberhand nehmen des Glimmers und Abnahme des Feldspathes in Glimmerschiefer, durch Abnahme des Glimmers in Granulit über. Gneis ist leichter zu spalten wie Granit und wird durch Verwitterung zu einem morschen, weichen Grus. Sind seine Feldspath- und Glimmerbestandtheile zersetzt, so bildet er eine thonige Masse, die einen fruchtbaren Ackerboden liefert und auch gut zur Herstellung von Ziegeln geeignet ist.

Verwendung. Man benützt den dickbankigen, lagenförmigen und quarzreichen Gneis zu Quader- und Bruchsteinen, Treppenstufen, Trottoirplatten, auch zu Pflasterungen (besonders für steilere Strassen, weil er weniger Glätte wie der Granit besitzt), den dünnschiefrigen zu Dacheindeckungen, Fensterbänken u. s. w., den glimmerreichen zu Gestellsteinen u. s. w.

Eintheilung. Nach der Structur und Schichtung, die von der Menge der blättrigen Bestandtheile und der Art ihrer Einlagerung abhängen, unterscheidet man folgende Arten:

1. den Normalgneis mit gleichmässig vertheilten, die Lagen des körnigen Feldspath-Quarz-Gemenges trennenden, meist parallelen, schuppigen Glimmerlamellen;

2. den Flasergneis mit langgezogenen, flaserigen, parallelen, dünnen Glimmerlamellen, welche das körnige Gemenge des Feldspath und Quarz in unregelmässige, linsenförmige Partien theilt;

3. den Schiefergneis mit dünnen, parallelen Glimmerblättchen, die eine zusammenhängende, ebenflächige, ausgedehnte Lage zwischen dem körnigen Feldspath-Quarz-Gemenge bilden;

4. den Lagengneis, einen Schiefergneis mit abwechselnd glimmerreichen und glimmerarmen Lamellen;

5. den Holz- und Stengelgneis, bei welchem alle Bestandtheile des Gesteins stengelig angeordnet, d. h. gestreckt sind, so dass häufig eine faserige Structur erscheint;

6. den Augengneis mit kugel- oder linsenförmigen, grossen, aus der Schiefermasse hervortretenden Orthoklaskrystallen zwischen wellenförmig gebogenen Glimmerblättchen.

§ 38. Der Glimmerschiefer.

Eigenschaften. Der Glimmerschiefer ist ein krystallinisches, je nach der Beschaffenheit seiner Gemengtheile dünn- oder dickschiefriges, eben- oder krummschiefriges, wellenförmig-, auch kurzschiefriges, grob- und feingefältetes Gestein. Bestandtheile: Kaliglimmer (heller Glimmerschiefer) oder Magnesiaglimmer (dunkler Glimmerschiefer), seltener Natronglimmer, Paragonit (Paragonitschiefer) oder Muskowit, Biotit, zwischen denen lagenweise Quarz eingebettet ist. Zuweilen tritt der Glimmer in solcher Menge auf, dass ein reines Glimmergestein entsteht; oft aber nimmt der Quarz überhand und es bildet sich Quarzschiefer. Als zufällige Bestandtheile treten im Gestein auf: Granat (selten fehlend), Turmalin, Feldspath, Chlorit, Talk, Kalkspath, Hornblende, Graphit, Eisenglimmer, auch Schwefelkies,

und Fussbodenplatten u. s. w., den dünngeschichteten zu Dacheindeckungen, Fensterbänken u. s. w.

Abarten: 1. Lagenglimmerschiefer, wenn dünnschiefrige Glimmerlamellen mit Quarzlagen abwechseln;

2. Graphitschiefer, wenn Graphit den Glimmer vertritt;

3. Kalktalk-, Kalkchlorit- und Kalkthonschiefer, wenn der Glimmer theilweise oder ganz durch Kalk und Talk oder Kalk und Chlorit oder Kalk und Thonschiefer ersetzt ist;

4. Chlorit-, Talk-, Turmalin-, Kalk-, Hornblende- und Eisenglimmerschiefer, wenn grössere Mengen von Chlorit, Talk, Turmalin, Kalkspath, Hornblende oder Eisenglimmer im Gestein vorhanden sind;

5. Gneisglimmerschiefer, wenn Feldspath (Orthoklas) hinzutritt;

6. Falten- und Wulstglimmerschiefer, wenn die Bestandtheile linear gestreckt und die Glimmerblättchen auf den Spaltungsflächen zart und parallel gefältet erscheinen;

7. Garbenschiefer, wenn das Gestein, Concretionen (d. h. unregelmässige, durch Vereinigung verschiedener Mineralien entstandene Krystallgruppen) von büschel- oder garbenförmiger Gestalt besitzt;

8. Fruchtschiefer, wenn diese Concretionen die Gestalt von Getreidekörnern haben.

§ 39. Der Thonglimmerschiefer.

Eigenschaften. Der Thonglimmerschiefer (Urthonschiefer, Phyllit) bildet ein sehr schiefriges, spaltbares, kryptokrystallinisches oder auch deutlich feinkörniges, auf den Spaltungsflächen seiden- oder perlmutterartig, auch halbmetallisch glänzendes, zuweilen parallel gefältetes Gemenge. Bestandtheile: Sehr feine, mitunter parallel gestellte Glimmertheilchen mit etwas Quarz, Chlorit und Feldspath. Häufig sind Magneteisen, Rotheisenstein und Schwefelkies im Gestein abgelagert und als zufällige Bestandtheile Chiastolith, Staurolith, Granat, Turmalin, u. s. w. vorhanden. Farbe dunkelgrau, auch grünlich und schwärzlichblau, seltener weiss, violett und roth. Specifisches Gewicht: 2·67—3·50. Härte: 1—2.

Vorkommen. Den Thonglimmerschiefer findet man im krystallinischen Schiefergebirge meistens mit Gneis, Glimmer- und Chloritschiefer im Verband und Wechsellagerung, aber auch als Unterlage des Uebergangsgebirges (Uebergangs-Thonschiefer) mit Grauwacke und an der Grenze der krystallinischen Massengesteine (metamorphischer Schiefer) in weiter Verbreitung.

Verwendung. Man benutzt den Phyllit zur Herstellung von Tisch- und Fussbodenplatten, Billardtafeln, Kamineinfassungen, Dacheindeckungen und verwendet ihn lackirt als Marmor-Imitation.

Abarten: 1. der dunkelgefärbte Chiastolithschiefer, mit sehr vielen säulenförmigen Chiastolith- oder Hohlspathkrystallen;

2. der graue Staurolithschiefer, sehr glimmerreich und mit säulenförmigen Staurolith- (Kreuzstein-) Krystallen;

3. der Knotenschiefer mit dunklen Concretionen von hirsekorngrossen Knoten;

4. der Fleckschiefer mit dunklen runden, auch länglichen oder zackenförmig aneinandergereihten Concretionen;

5. der Sericitschiefer (Taunusschiefer), welcher Sericit statt Glimmer führt und den Uebergang vom Glimmerschiefer zum Thonschiefer bildet.

4. Feldspath- und glimmerfreie Gesteine.

§ 40. Der Eklogit.

Eigenschaften. Der Eklogit (Omphacitfels, Smaragditfels) besteht aus einem grob- bis feinkörnigen, porphyrähnlichen Gemenge. Bestandtheile: Grasgrüner, auch grauer Smaragdit und rother, porphyrisch eingebetteter Granat, oft auch noch himmelblaue bis dunkelblaue Cyanitsäulen. Die zufälligen Bestandtheile sind ziemlich zahlreich; hervorzuheben sind: Disthen, Eisenkies, Quarz, Hornblende, auch Glimmer u. s. w.

Vorkommen. Eklogit bildet stockartige Einlagerungen im Gneis, Glimmer- und Dioritschiefer, kommt meistens mit Serpentin vor, ist selten, und niemals von grösserer Ausdehnung.

Verschiedenes. Das Gestein besitzt eine grosse Farbenschönheit und nimmt — wenn auch nur schwer — eine vorzügliche Politur an. Es ist sehr zähe und daher schwer zu sprengen und zu bearbeiten.

Verwendung. Man benützt den Eklogit vorzugsweise zu kleineren Bildhauerarbeiten und zu Denkmälern.

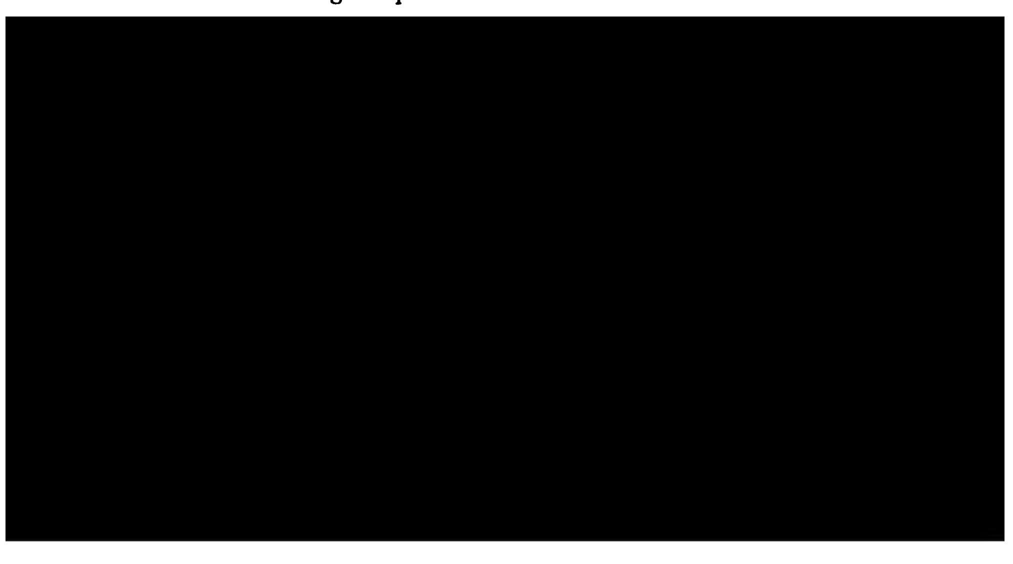
§ 41. Der Turmalinfels und Turmalinschiefer.

Eigenschaften. Die Turmalingesteine bilden ein körniges, scheinbar dichtes oder krystallinisch schiefriges Gemenge. Bestandtheile: Schwarzer Turmalin (Schörl, Aschenzieher) und grauer körniger Quarz. Farbe sehr mannigfach, jedoch meistens schwarz.

Vorkommen. In Cornwall, in Sachsen (Eibenstock, Geyer u. s. w.) u. s. w.

Verschiedenes. Sind Schörl und Quarz lagenweise angeordnet, so entsteht der Turmalinschiefer. Derselbe zeigt häufig eine abwechselnd weisse und schwarze Bänderung.

Verwendung hauptsächlich zu Schmucksachen.



theile noch Magneteisen, Titanit, Granat u. s. w. Ist der Trachyt reich an Sanidin, so nennt man ihn Sanidinit oder Sanidintrachyt; fehlt in dem Gestein die Hornblende oder kommt sie nur in ganz geringer Menge vor, so heisst das Gestein Trachytporphyr. Man unterscheidet quarzführenden und quarzfreien Trachytporphyr; ersterer besitzt in seiner glänzenden bis matten Grundmasse Krystalle von Sanidin, Glimmer und wasserhellem bis rauchgrauem Quarz, letzterer in derselben Grundmasse Krystalle und Körner von Feldspath und Glimmer. Farbe: Die Grundmasse zeigt eine weiss- oder aschgraue, ins Röthliche oder Bräunliche, auch ins Schwarze gehende Farbe. Specifisches Gewicht: 2·25—2·68. Härte verschieden, bei den quarzreichen Trachyten bis 6. Festigkeit für das Quadratcentimeter für Druck im Mittel 1200—1300 *kg*, für Schub 20—30 *kg*, für Biegung 100—120 *kg*. Wasseraufnahme in 125 Stunden im Mittel 3%. Wetterbeständigkeit bei den feldspatharmen Trachyten gut, bei den feldspathreichen mässig.

Vorkommen. Da der Trachyt zu den Eruptivgesteinen gehört, so wird er in der Nähe von noch thätigen oder bereits erloschenen Vulcanen gefunden, wo er kuppel- oder domförmige, alleinstehende Bergmassen oder Gänge, Ströme und Decken bildet. Besonders geschätzt sind die Stenzelberger, Wolkenburger und Berkumer Gesteine.

Verschiedenes. Der frische, plagioklasarme, feinkörnige Trachyt gilt als der werthvollste; er verbindet sich gut mit Mörtel und lässt sich leicht bearbeiten. Weiche, zerreibliche, erdige Trachyte (sogen. Domite) und solche mit Feldspathkrystallen von mehreren Centimetern Grösse verwittern leicht und sind für Bauten untauglich. — Der eigentliche Trachyt bildet durch Annahme eines dichten Gefüges und Aufnahme von Zeolithen (d. h. wasserhaltigen krystallisirten Silicaten von gewissen Leichtmetallen und Aluminium) den Uebergang in Phonolith, durch Verglasung in Obsidian und Bimsstein, durch Entglasung in Perlstein.

Verwendung. Trachyt aus gesunden Steinbrüchen wird wegen seiner Rauhigkeit gern zu Treppenstufen, aber auch zu Fensterbänken, Ornamenten, Säulen, Quadersteinen (Kölner Dom), Fassadenverblendungen, Pflasterungen, (Pflaster zu Budapest) und bei geringerer Härte zuweilen zu Gewölbsteinen benützt. Den porösen und quarzführenden Trachyt verwendet man auch zu Mühlsteinen (Mühlsteinporphyr).

§ 43. Der Phonolith (Klingstein).

Eigenschaften. Der Phonolith oder Klingstein bildet ein schwach fettglänzendes, an den Kanten durchscheinendes Trachytgestein mit sehr dicht erscheinendem, öfters etwas porphyrartigem Gefüge und mit splitterig-unebenem, flachmuscheligem und scharfkantigem Bruch. Bestandtheile: Die Grundmasse besteht aus Sanidintafeln und sechsseitigen Nephelinsäulen, daneben auch aus winzigen Leucitkrystallen, Hornblendenädelchen, Augitkrystallen, Magneteisenkörnern u. s. w. In dieser Grundmasse sind porphyrisch ausgeschieden: Sanidin, Nephelin, Hornblende, Oligoklas, Augit, Titanit, Nosean, mitunter auch Glimmer, Pyrit, Eisenglanz u. s. w. Farbe dunkelgrünlichgrau, bräunlich oder schwärzlich. Specifisches Gewicht: 2·5—2·7. Festigkeit ungefähr die gleiche wie beim Trachytporphyr. Wetterbeständigkeit sehr hoch.

Vorkommen. Der Phonolith bildet gewöhnlich dom- oder glockenförmige Kuppen oder plattenförmige Gänge oder Ströme von durchschnittlich geringer Mächtigkeit. Man findet ihn häufig in Gesellschaft oder in unmittelbarer Nachbarschaft des Basalt und des eigentlichen Trachyt.

Verschiedenes. Das Gestein liefert in Folge seiner Neigung zu dünnplattenförmiger Structur sehr lagerhafte Steine, die sich auch mit Mörtel gut verbinden. Es bildet Uebergänge in Trachyt und Perlstein.

Verwendung. Man braucht den Phonolith zum Häuserbau (viele alte Burgen und Schlösser im böhmischen Mittelgebirge sind aus ihm erbaut worden), zu Strassenpflasterungen und, wenn dünn spaltbar, auch zu Dacheindeckungen (z. B. in der Auvergne). Phonolith liefert auch einen brauchbaren Rohstoff für ordinäre Glaswaaren (Flaschen) und einen fruchtbaren Ackerboden.

Eintheilung. Man unterscheidet:

1. Den gewöhnlichen oder schieferigen Phonolith mit deutlich plattenförmiger Absonderung. Er lässt sich leicht in dünne, parallelflächige Tafeln spalten, die aneinandergeschlagen hell klingen (daher die Bezeichnung »Klingstein«).

2. Den porphyrischen Phonolith, ein massiges, meist vielfach zerklüftetes Gestein mit hervortretenden grösseren Krystallen.

3. Den trachytartigen Phonolith mit rauher, etwas poröser, erdiger, lichtgrauer Grundmasse mit zeolithischen Beimengungen.

4. Den Noseanphonolith mit aus Nosean und Leucit bestehender Grundmasse mit Krystallen von Nosean, Sanidin und Leucit.

§ 44. Der Pechstein.

Eigenschaften. Der Pechstein (Resinit Stigmit) bildet ein natürliches wasserhaltiges Glas, ein Schmelzproduct von Quarz und Feldspath, mit starkem Harz-, auch wohl Glasglanz und unvollkommen muscheligem bis unebenem, an den Kanten durchscheinendem Bruch. Bestandtheile: In der glasigen Grundmasse liegen eingebettet kleine Krystalle von Orthoklas, Plagioklas, Quarz und schwarzem Glimmer, auch befinden sich in ihr zahlreiche Glaseinschlüsse,
Hornblende- und Augitsäulen, schwarze Magneteisenkörner, sowie Dampfporen

wirkung von Luft und Wasser erhält der Pechstein an seiner Oberfläche Risse und Sprünge, es lösen sich schalige Stücke von ihm ab, seine Farbe wird heller (verbleicht) und endlich zerfällt er in eine plastisch-thonige, nicht fruchtbare Erdmasse.

Verwendung. Da Pechstein meistens regellos bricht, so kann er nur zu Bruchsteinmauerwerk, Strassenpflasterungen oder Chaussirungen verwendet werden; für letztere ist er besonders gut geeignet.

§ 45. Der Perlstein (Perlit).

Eigenschaften. Der Perlstein oder Perlit bildet eine emailartige, fett- bis perlmutterglänzende, muschelig brechende, spröde, sehr leicht zersprengbare, wasserhaltige Glasmasse, welche ein Schmelzproduct verschiedener Feldspathe und Kieselerde darstellt. In dieser, aus hirsekorn- bis erbsengrossen, concentrisch-schaligen häufig um ein Feldspathkrystall entstandenen, aber auch hohlen Körnern bestehenden Masse befinden sich Einschlüsse von Magnesiaglimmer, Granat, Jaspis, Quarz, u. s. w. Farbe perlgrau oder röthlichbraun, auch schwarz. Specifisches Gewicht: 2·36—2·45. Härte: 6.

Vorkommen. Perlstein kommt häufig in Gängen und Strömen vor und bildet in Tokai in Ungarn ein 12 Quadratmeilen grosses, mächtiges Lager.

Verschiedenes. Ist die Grundmasse körnig-schalig, enthält sie Krystalle von Sanidin und Glimmer und besitzt sie eine porphyrische Structur, so nennt man das Gestein Perlitporphyr. Besitzt die Grundmassee viele radialfaserige Kügelchen, oder Sphärolithe, so heisst das Gestein sphärolithischer Perlstein; herrschen diese Kügelchen vor, so geht der Perlstein in Sphärolithfels (siehe § 44) über.

§ 46. Der Obsidian.

Eigenschaften. Obsidian ist durch schnelle Abkühlung geschmolzener feldspathreicher, trachytischer Gesteine entstanden und bildet ein stark glänzendes, sprödes, vulcanisches Glas mit ausgezeichnet muscheligem Bruch und sehr scharfen, schneidenden, durchscheinenden Kanten. Bestandtheile: Die Masse besteht aus Kieselerde (60--70%), Thonerde, Kali, Natron, Kalk und Magnesia; die letztgenannten Bestandtheile kommen nur in geringen Mengen vor. In der Masse befinden sich zahlreiche kleine, eiförmige Gas- oder Dampfporen (reiner Obsidian), radial-faserige Sphärolithe (sphärolithischer Obsidian), langgestreckte und parallel gelagerte Blasenräume (blasiger Obsidian) oder ausgeschiedene Sanidin-Krystalle oder -Körner (porphyrischer Obsidian). Specifisches Gewicht: 2·3—2·5. Härte: 6—7. Farbe grau bis sammtschwarz, aber auch flaschengrün (Bouteillenglas aus Böhmen), blau, roth und gelb.

Vorkommen. Obsidian bildet ganze Ströme oder lose, klumpen- oder kugelförmige Auswürflinge verschiedener Grösse und findet sich bei noch thätigen oder bereits erloschenen Vulcanen, doch fehlt er am Vesuv und am Aetna.

Verschiedenes. Das Gestein bildet durch Blasigwerden den Bimsstein und Uebergänge in Pechstein, Perlstein und in krystallinisch-körnige Laven.

Verwendung. Im Alterthume verwendete man das Gestein, das sich schleifen und poliren lässt, zur Herstellung von Wandspiegeln, Kunstgegen-

ständen, Pfeilspitzen, Messern und anderen scharfschneidenden Werkzeugen, Geschirren u. s. w.; in der Jetztzeit fertigt man aus ihm Trauerschmucksachen, Knöpfe, Dosen, Schalen, Vasen u. s. w. und schneidet aus ihm Gemmen. Im Handel kommt der Obsidian vor unter dem Namen **Glasachat, isländischer Achat, schwarze Glaslava, vulcanisches Glas** und **Marekanit**.

§ 47. Der Bimsstein.

Eigenschaften. Der Bimsstein bildet eine seidenglänzende, schaumige, blasige, schwammige, stark poröse oder schlackige Ausbildung anderer Trachytgesteine, besonders des Obsidian. Er ist beim Erstarren des zähen Schaumes einer glühend flüssigen Trachytlava entstanden. Oft enthält er langgestreckte Poren und Hohlräume, die durch dünne Wände von einander getrennt sind und ihm ein faseriges Aussehen verleihen. Hin und wieder führt er ausser den Bestandtheilen des Obsidians noch Chlor, Eisenoxydul, Spuren von Manganoxydul und chemisch gebundenes Wasser. Enthält er Krystalle von blasigem Feldspath, so bekommt er oft ein porphyrisches Aussehen (sogen. Bimsstein-Porphyr). Farbe hellblau, auch hellgelb. Specifisches Gewicht des festen Steines 0·9—1·65, des Bimssteinpulvers 2·2—2·5. Härte meistens nicht bedeutend. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter durchschnittlich 42 *kg*.

Vorkommen. Den Bimsstein findet man in vulcanischen Gegenden als weitverbreiteten, oft mächtigen (6—17 *m* dicken) Strom in Verbindung mit Obsidian- und Perlsteinströmen, aber auch einzeln als Auswürfling.

Verschiedenes. Bimsstein bläht sich im Feuer auf.

Verwendung. Seiner grossen Leichtigkeit und guten Verbindung mit Mörtel wegen benutzt man den Bimsstein zu Gewölbeconstructionen (Kuppel der Sophienkirche zu Constantinopel) und weil er ein schlechter Wärmeleiter ist, im Sommer kühle, im Winter warme Räume liefert, zum Bau von Trockenräumen, Wohnhäusern und Ställen (die Stadt Lipari ist ganz aus Bimsstein erbaut). Für Feuerungsanlagen und Mauern, die starke Erschütterungen er-

1282 *kg*). Härte sehr gross. Wasseraufnahme gering. Wetterbeständigkeit geringer als beim Basalt.

Vorkommen. In Thüringen (Eisenach), in Hessen (am Meissner bei Lauterbach), in der Eifel (am Brinkenköpfchen), im Breisgau (am Kaiserstuhl), in der Oberlausitz (am Löbauer Berg), im Siebengebirge (Löwenburg), in Nassau (Oberbrechen), in Nord-Irland (am Riesendamm), in Schottland, auf Island u. s. w.

Verschiedenes. Dolerit ist deutlich magnetisch, braust mit Säuren auf und wird zum Theil zersetzt. Er besitzt eine grosse Härte und Sprödigkeit und kann daher zu feinprofilirten Arbeiten nicht benützt werden, ebensowenig zu Feuerungsanlagen, weil er in grosser Hitze rissig wird, ja selbst schmilzt. Angehaucht riecht er brandig. Treten aus seinem Gemenge einzelne Augit- oder Feldspathkrystalle hervor, so besitzt das Gestein eine porphyrische Structur, hat es Blasenräume, angefüllt mit zeolithischen Mineralien, so ist sein Gefüge ein mandelsteinartiges.

Verwendung. Zu Fundamentmauerwerk, Treppenstufen, Strassen- und Wasserbauten, auch zu einfachprofilirten Fensterbänken und Thürgewänden u. s. w.

Abart. Der Anamesit, ein dem Basalt sehr ähnliches, sehr feinkörniges und schimmerndes Gestein von grünlicher, grauer oder bräunlich-schwarzer Farbe und dem specifischen Gewichte 2·7—2·8. Es bildet den Uebergang vom Dolerit zum Basalt.

§ 49. Der Basalt.

Eigenschaften. Der Basalt ist ein sehr feinkörniges, scheinbar dichtes vulcanisches Gestein mit flachmuschelig unvollkommenem, ins Feinsplitterige bis Unebene übergehendem Bruch. Bestandtheile: Mikroskopische Krystalle von gestreiftem Plagioklas (Labrador), Augit (häufig mit Glaseinschlüssen), grünlich-grauer, glasglänzender, trapezförmig körniger Olivin und schwarzkörniges Magnet- oder auch Titaneisen (Feldspathbasalt) oder statt des Feldspathes farbloser ungestreifter Nephelin (Nephelinbasalt), auch lange, farblose Apatitnadeln, seltener Glimmer (Glimmerbasalt) und Leucit (Leucitbasalt). Diese Gemengtheile befinden sich in einer rein glasigen, halbglasigen oder auch entglasten und dann mit feinen Krystallnadeln oder haarförmigen Gebilden (sogenannten Trichiten) angefüllten Masse, Basaltmagma genannt. Als zufällige Bestandtheile treten im Basalt auf: Faserzeolith in Adern und Drusen, Hornblende, Bronzit, Zirkon, Magnetkies, Saphir u. s. w. und häufig Trümmer der verschiedensten Gesteine, die er bei seiner Eruption umschlossen. — Farbe dunkelgrau bis schwarz. Specifisches Gewicht: 2·88—3·3. Härte: 6 und 7—8. Festigkeit für das Quadratcentimeter: für Druck 1000—3700 *kg*, für Biegung im Mittel 200 *kg*. Porositätscoëfficient durchschnittlich 0·9. Wärmeausdehnung bei 1° *C* Temperaturerhöhung: 0·00003 des Volumens. Wetterbeständigkeit beim Säulenbasalt vorzüglich, bei anderen Arten weniger gross. Wasseraufnahme: Basalt saugt aus der Atmosphäre begierig Wasser auf und verwittert dann trotz seiner Härte und Festigkeit; es tritt hierbei eine Art Auslaugung ein, wodurch die erdige, milde und weiche, grüngraue oder schwarzbraune, beim Anhauchen nach Thon riechende Basaltwacke (ein basaltisches Trümmergestein mit thonigem Bindemittel) entsteht. Bei weiterem Fortschreiten des Auslaugungsprocesses werden einzelne Theile von

Kalkerde, Magnesia, Kali und Natron, Eisenoxydul und Kieselsäure, welche zur chemischen Zusammensetzung des Basaltes gehören, ausgeschieden und fortgeführt, und es entsteht schliesslich ein wasserhaltiges Thonerdesilicat, nämlich der aus Thonerde und Wasser bestehende *basaltische Thon* oder *Wackenthon*, welcher einen dunklen, fetten, sehr fruchtbaren Ackerboden liefert und in der Landwirthschaft auch als Dünger Verwerthung findet.

Vorkommen. Der Basalt tritt in isolirten Bergkegeln, Gängen und Strömen, seltener in zusammenhängenden Gebirgsmassen auf und hat eine sehr grosse Verbreitung; er durchsetzt fast alle Formationen.

Verschiedenes. Die meisten *Feldspathbasalte* brausen mit Säuren auf, ein Zeichen, dass sie Kalk enthalten. Der Fels wirkt seines Magneteisengehaltes wegen auf den Magnet ein. Der Basalt liefert einen sehr harten, zähen, ungemein festen Baustoff, der jedoch nicht feuerbeständig ist und sich mit Mörtel fast gar nicht verbindet. Grössere Blöcke können aus ihm wegen seiner Absonderungsformen nicht gewonnen werden, doch lässt sich der Säulenbasalt mit einem flachen Hammer in regelmässige Stücke sprengen, auch können einzelne Basaltsäulen zu Eckpfosten, Prellsteinen, Geländerpfosten u. s. w. unmittelbar benutzt werden.

Eintheilung. Nach dem *Gefüge* unterscheidet man:

1. *den gemeinen oder dichten Basalt*, der gar keine oder nur wenige Einschlüsse von Krystallen, Körnern u. s. w. besitzt;

2. *den porphyrartigen Basalt (Basaltporphyr)* mit porphyrisch eingesprengten Körnern und Krystallen von Plagioklas, Augit, Magneteisenerz, Hornblende und besonders von Olivin;

3. *den blasigen oder schlackigen Basalt (Basaltlava)* eine schaumartig poröse oder schlackige Masse mit zahlreichen leeren Blasenräumen (vergl. § 50);

4. *den mandelsteinartigen Basalt (Basaltmandelstein)* mit unregelmässigen, blasenartigen Hohlräumen, die zum Theile oder ganz angefüllt sind mit Zeolithen, Kalkspath, Grünerde, Quarz u. s. w.;

Verwendung. Die technische Verwendbarkeit des Basaltes ist eine sehr umfangreiche. Man benützt das Gestein, obwohl es sich — wie bemerkt — mit Mörtel fast gar nicht verbindet und seiner bedeutenden Wärmeleitungsfähigkeit und hygroskopischen Eigenschaft wegen kaltfeuchte Mauern (durch Niederschlag von Wasserdünsten) giebt, als Baustein für Hochbauten, besonders als Einlage in rothen Sandstein- und Trachytmauerwerken, zu starken Aussen- und Fundamentmauern, sodann auch zu Thür- und Fenstergewänden, Treppenstufen u. s. w. Im Tiefbau verwendet man den Basalt (besonders den Säulenbasalt) vielfach zu Strassenpflasterungen und Chaussirungen, doch ist hervorzuheben, dass es sich empfiehlt, möglichst schmale Pflastersteine aus dem Basalt herzustellen, weil der Fels leicht glatt wird. Im Wasserbau findet der Basalt Verwendung zu Brücken-, Wehr- und Schleusenbauten, zur Herstellung von Quaimauern u. s. w., im Festungsbau zu Mauerwerk aller Art; in der Bildhauerei zur Herstellung von Grabdenkmälern, Säulen, Monumentsockeln u. s. w. — Aus Basaltmandelstein und verschlacktem Basalt fertigt man Mühlsteine. Ferner benützt man den Basalt als Flussmittel bei der Eisenverhüttung, in der Glasfabrikation (zur Herstellung von grünem Flaschenglas), in der Cementfabrikation, endlich — gepulvert und mit Kalkbrei vermischt — als Wassermörtel.

§ 50. Die Lava.

Eigenschaften. Die bei Eruptionen aus den Vulcanen quillende, feuerflüssige Mineralmasse, Lava genannt, bildet nach ihrer Erstarrung entweder eine zusammenhängende, weitverbreitete Decke (Strom) oder, wenn sie durch gleichzeitig bei der Eruption ausgestossene Dampfmassen zerrissen worden ist, einzelne halb oder ganz geschmolzene Blöcke von oft mehr als 1 *m* Durchmesser oder runde bis kopfgrosse Bomben oder nussgrosse, unregelmässig gestaltete Lapille oder sandkorngrossen vulcanischen Sand oder staubkleine vulcanische Asche. Die langsam erstarrten Laven sind krystallinisch-körnig, auch porphyrartig und an ihrer Oberfläche mehr oder minder porös und schlackig; die rasch erstarrten bilden fast durchgängig eine sehr poröse, schwammige und schaumige Masse. Ist die Lava verwittert, so stellt sie eine erdige Masse mit unebenem, erdigem Bruch dar. Bestandtheile: Die chemische Beschaffenheit entspricht entweder dem Basalt (Basaltlava mit Augit und Olivinkrystallen und häufig säulenförmiger Absonderung, Doleritlava mit reichen Mengen Labrador, Augit und Magneteisenstein, Leucitlava mit vorherrschendem Leucit) oder dem Trachyt (Trachytlava mit Körnern von glasigem Feldspath, poröse Phonolithlava, Obsidianlava, Bimssteinlava). Farbe: Die Basaltlava hat eine dunkle, oft schwarze, in schlackigem Zustande häufig braunrothe Farbe, die Trachytlava eine helle, meist graue, ins Röthliche gehende. Härte sehr verschieden. Specifisches Gewicht: 0·7—2·6. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter 160 (weiche Lava) bis 670 *kg* (dichte Lava). Wasseraufnahme in 125 Stunden bis 6%. Wetterbeständigkeit sehr hoch.

Vorkommen. Man findet die Lava nur in der Nähe von thätigen oder bereits erloschenen Vulcanen.

Verschiedenes. Lava ist ein sehr schlechter Wärmeleiter. Sie verbindet sich gut mit Mörtel, lässt sich bei dichtem Gefüge poliren und kann

auch zu profilirten Arbeiten benutzt werden, nur ist den Profilen eine der porösen Beschaffenheit der Lava entsprechende Grösse zu geben.

Verwendung. Man benutzt die dichte, am Vesuv sich vorfindende Basaltlava (mit Leucit- und Olivinkrystallen) zur Herstellung von Aussenmauern, Fundamenten und Sockeln, Fassadenverblendungen und Gesimsen, Brückenbauten, ferner zu Trottoir- und Fussbodenplatten, zu Pflastersteinen (Pflaster von Neapel, Padua, Venedig u. s. w.) — die poröse Lava zum Häuserbau und zu leichten Gewölbedecken, die feste und harte Nephelinlava (von Mayen und Niedermendig in der Rheinprovinz) zu Trottoirplatten, Treppenstufen, Mühlsteinen und als Zusatz zum Cementmörtel, — die dichte Lava mit grobsplitterigem, ins Muschelige gehendem Bruch zu Schmucksachen, Vasen, Schalen, Briefbeschwerern, kleinen Statuen u. s. w., — die dichte Lava von Sorent zur Herstellung von Thür- und Fenstergewänden, Treppenstufen u. s. w., — die Basaltlava des Eifelgebirges zu profilirten Arbeiten (Masswerke des Kölner Domes) u. s. w.

III. Klastische Gesteine oder Trümmergesteine.

§ 51. Der Sandstein.

Bestandtheile. Der Sandstein (Quarzpsammit) besteht aus scharfeckigen oder abgerundeten, zuweilen auch krystallinischen, mikroskopisch kleinen bis erbsengrossen Quarzkörnern, welche durch ein verschieden zusammengesetztes, bald vorherrschendes, bald jedoch in sehr geringer Menge vorkommendes, mineralisches Bindemittel zu einem mehr oder weniger festen Gestein verkittet sind. Der Sandstein ist reich an organischen Ueberresten und Pflanzenabdrücken und besitzt häufig Einlagerungen von Kalkspath, Feldspathkörnern, Glimmerblättchen, Glaukonitkörnern, Brauneisenerz, Blei- und Kupfererzen, ferner rundliche Einschlüsse von rothem oder grünem Thon (sogenannte Thongallen), Concretionen von Hornstein, Kugeln von Schwefelkies u. s. w.

Verschiedenes. Die Sandsteine sind meistens sehr deutlich geschichtet

Bearbeitung. Die Sandsteine sind meistens Strand-, aber auch Süsswasserbildungen.

Eintheilungen. Die Sandsteine werden einmal nach der Beschaffenheit des Bindemittels und der Art der Gemengtheile, sodann aber auch nach dem geognostischen Alter eingetheilt. Nach dem Bindemittel unterscheidet man:

a) Den kieseligen oder quarzigen Sandstein (Kieselsandstein), der sich in der Braunkohlenformation (besonders im Oligocän), aber auch in der Kreideformation in Bänken oder losen Blöcken vorfindet, weiss, grau oder braun gefärbt, sehr fest, ziemlich hart und dauerhaft ist und ein sehr sparsam vorhandenes, sehr festes, kieseliges oder hornsteinartiges Bindemittel besitzt. Zu ihm gehört der krystallinische Quarzsandstein oder Krystallsandstein mit krystallinischen Quarzkörnern, bisweilen auch mit vollständig ausgebildeten Quarzkrystallen und mit sehr spärlichem kieseligen Bindemittel. Bei Abnahme desselben wird aus dem Kieselsandstein Quarzit oder loser Sand. Wächst die Grösse des Kornes, so entstehen Conglomerate oder Breccien (siehe § 53 und 54).

b) Den eisenschüssigen Sandstein mit einem ziemlich festen und dauerhaften Bindemittel aus Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat oder aus beiden mit etwas Thon und Kalk. Dieses Gestein ist dunkelgelb, roth oder braun gefärbt, zuweilen reich an Eisen und Glimmer und kommt in allen Flötzformationen, namentlich im Devon, im Rothliegenden, im Buntsandstein und im Keuper vor.

c) Den kalkigen Sandstein, mit Säure aufbrausend und bei Zunahme des Bindemittels den Uebergang zum Kalkstein bildend. Das Gestein hat ein ziemlich weiches, aber festes und dauerhaftes, meist spärlich vorhandenes Bindemittel aus krystallinischem abgelagerten Kalk oder grobblätterigem Kalkspath oder Dolomit und Eisenbraunkalk und ist weiss, gelb, grau oder grünlich gefärbt. Es ist sehr verbreitet und kommt z. B. im unteren Lias vor. Enthält das Bindemittel neben kohlensaurem Kalk auch noch Dolomit, so nennt man das Gestein »dolomitischer Sandstein«. — Der Kalksandstein wird durch Einwirkung von Salzsäure und schwefeliger Säure zersetzt und kann daher in Fabrikstädten, in denen grosse Massen von Steinkohlen verbrannt werden, und an der Seeküste als Baustein nicht verwendet werden.

d) Den thonigen Sandstein (am meisten vorkommend) mit einem wenig festen und wenig wetterbeständigen, thonigen, auch Eisen enthaltenden Bindemittel. Dieser verschieden harte, meist feinkörnige Thonsandstein hat eine graue, gelbe oder rothe Farbe, kommt aber auch gefleckt, gestreift und gewölkt vor und ist reich an Thongallen. Zu ihm gehören die bisweilen erzreichen Buntsandsteine der Dyas-, Trias- und Steinkohlenformation. Bei Zunahme des Bindemittels geht der Thonsandstein in Thon über.

e) Den kaolinischen Sandstein mit einem aus verwittertem Feldspath herrührenden kaolinartigen, meist stark vorhandenen Bindemittel. Dieses Gestein ist gewöhnlich mürbe und wenig wetterfest und kommt in der Steinkohlenformation Böhmens, sowie im Rothliegenden vor. Tritt das Bindemittel in grosser Menge auf, so wird es abgeschwemmt als Porzellanthon verwendet.

f) Den mergeligen Sandstein mit einem meistens weichen und wenig dauerhaften, reichlich vorhandenen, grauen oder weisslichen, kalkigthonigen Bindemittel. Der Mergelsandstein kommt hauptsächlich im Grau-

liegenden (der Zechsteinformation) aber auch in der Tertiärformation (Molassesandstein) vor und bildet bei Zunahme des Bindemittels den Uebergang zum Mergel.

g) den glaukonitischen Sandstein, Grünsandstein oder Greensand mit einem mergeligen, aber auch kalkigen oder thonigen Bindemittel und einer grösseren oder geringeren Beimengung von hirsekorngrossen, schiesspulverähnlichen, arsen- bis dunkellauchgrünen Glaukonitkörnern. Das Gestein ist in der Kreideformation sehr verbreitet, kommt aber auch in der Tertiärformation vor. (Molassesandstein der Schweiz.)

h) Den gypsischen Sandstein mit Ausscheidungen von Gyps (sogenannten Gypsgallen), im oberen Bundsandstein vorkommend.

i) Den sideritischen Sandstein mit kohlensaurem Eisenoxydul als Bindemittel, in der Steinkohlenformation auftretend. Das Gestein ist graulichweiss und wird durch Verwitterung röthlich.

k) Den barytischen Sandstein, in der Tertiärformation bei Kreuznach und bei Münzenberg (Hessen) vorkommend.

l) Den Glimmersandstein mit Glimmerblättchen angefüllt, welche bei reichlichem Vorhandensein dem Gestein eine schieferige Structur verleihen (Sandsteinschiefer). Man findet ihn in der Tertiärformation.

m) Den apalitischen Sandstein mit fossilen Knochen, bei Kursk in Russland vorkommend. Das Gestein ist ziemlich hart und besitzt eine graubraune Farbe.

n) Den bituminösen Sandstein mit einem Bindemittel aus bituminösem Thon, Kalk oder Asphalt.

Nach dem geognostischen Alter unterscheidet man:

1. Die Grauwacke, ein sehr festes, meist körniges, deutlich geschichtetes, zuweilen dickschieferiges, gewöhnlich dunkelgrau gefärbtes, aber auch weisses, gelbes, rothbraunes oder graues oder auch roth und grün geflecktes, gestreiftes, gewölktes Gestein aus einem Gemenge von scharfkantigen oder runden Quarz-, Kieselschiefer- oder Thonschieferbrocken und einem meist spärlich vorhandenen, zähen, kieseligthonigen oder kieseligen, häufig durch fein vertheilten

Specifisches Gewicht: 2·5—2·77. Härte: 6 bis 7—8. Festigkeit für das Quadratcentimeter: für Druck 600—3000 *kg*, für Schub durchschnittlich 100 *kg*. Wasseraufnahme in 125 Stunden: 0·7—1·01 %. Wetterbeständigkeit sehr hoch bei kieseligem, gut bei kalkigem und eisenschüssigem, mässig bei thonigem und kaolinischem Bindemittel.

Verschiedenes. Da Grauwacke mit zahlreichen Absonderungen und zumeist in dünnen Schichten auftritt, so können aus ihr grosse Quader nicht gewonnen werden. Feuerbeständige Steine, die zu Feuerungsanlagen und besonders zu Hochöfen-Gestellsteinen benutzt werden können, entstammen der Mittel-Devonformation.

Verwendung. Besitzt der Grauwackensandstein ein kieseliges Bindemittel, so eignet er sich vorzüglich zur Herstellung von Quadersteinen, Säulen, Gesimsen u. s. w., ferner zu Grund- und Wasserbauten, Pflasterungen und Chaussirungen. Die quarzreichen Arten verwendet man zur Herstellung von Mühlsteinen (rheinische Mühlsteine), die conglomeratähnlichen zu Fundamenten und Strassenbauten, die mit thonigem Bindemittel zu Bruchsteinen, Fussbodenplatten, Wetzsteinen, die schieferigen zu Trottoir- und Deckplatten u. s. w.

2. Den **Kohlensandstein**, ein klein- bis feinkörniges, oft conglomeratartiges, regelmässig geschichtetes, aus Quarzkörnern und einem vorherrschend thonigen, glimmerhaltigen Bindemittel bestehendes Gestein von meist hellgrauer Farbe. Specifisches Gewicht: 2·58—2·85. Härte: 6—8. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter: 500—1200 *kg*. Wasseraufnahme in 125 Stunden: 1·4—1·9 %. Wetterbeständigkeit im Allgemeinen nur mässig.

Vorkommen. Der Kohlensandstein bildet starke Flötze in der Steinkohlenformation.

Verwendung. Die conglomeratartigen Kohlensandsteine werden zu Mühlsteinen, die aus der Nahegegend stammenden zu Quadersteinen, Steine aus einigen Brüchen im Ottweiler Kreise zu Feuerungsanlagen, die festeren und härteren Arten zu Strassenpflasterungen (z. B. in Berlin, Hamburg, Magdeburg, Leipzig u. s. w.) verwendet.

3. Den **Dyassandstein** (Sandstein des Rothliegenden, Weissliegenden und Grauliegenden), ein aus scharfkantigen, verschieden grossen (staubfeinen bis conglomeratartigen) Körnern von Quarz, Hornstein und Kieselschiefer, auch aus eckigen Feldspath- oder Kaolinkörnern bestehendes, mehr oder weniger mächtig und deutlich geschichtetes Gestein mit thonigem oder eisenschüssigem, seltener kalkigem oder kaolinartigem, sehr selten kieseligem Bindemittel; meistens roth oder röthlichbraun, bisweilen auch grünlich, gelb, weiss und grau gefärbt. Härte sehr verschieden, denn es giebt Dyassandsteine, die sich leicht zerreiben lassen, und solche, die eine ganz bedeutende Härte besitzen. Festigkeit sehr verschieden, am grössten bei den feinkörnigen, roth gefärbten Arten. Wetterbeständigkeit im Allgemeinen sehr hoch.

Vorkommen. Das Gestein ist in der Dyasformation sehr verbreitet; es geht häufig in Schieferthon über.

Verschiedenes. Der Dyassandstein lässt sich sehr schwer bearbeiten. Zu ihm gehört der an Kupfererzen reiche Kupfersandstein, welcher in der Dyasformation Russlands vorkommt.

Verwendung. Man benützt die festen und harten Arten zu Quadersteinen, Deckplatten, Grund- und Wasserbauten, Pflasterungen und Chaussirungen, die Conglomerate und Dyassandsteine mit kieseligem Bindemittel zu Mühl- und Schleifsteinen. Die Dyasformation besitzt auch feuerbeständige Sandsteine, die am Kornberge bei Kassel, im Kreise Schmalkalden, bei Vilbel im Grossherzogthume Hessen u. s. w. gefunden werden.

4. Den **Buntsandstein** (rothen Sandstein), ein meist sehr feinkörniges und sehr gleichmässig gebildetes, mehr oder minder deutlich geschichtetes Gestein mit kieseligem, thonigem oder eisenschüssigem Bindemittel und von verschiedener Farbe, auch mit Flecken und Streifen. Weiss ist der Buntsandstein gefärbt, wenn die dichte, aus winzigen Rollstücken oder auch aus mehr oder weniger vollkommen ausgebildeten Krystallen bestehende Quarzmasse mit einem weissen, thonigen Bindemittel, ziegelroth und rothbraun, wenn sie mit Eisenoxydul, gelb und braun, wenn sie mit Eisenoxydhydrat verkittet ist. Der Buntsandstein ist häufig reich an unwesentlichen Bestandtheilen z. B. an Kalkspath, Braunspath, Baryt, Quarz, Kupfer- und Eisenerzen, auch an Glimmerblättchen, bei deren massenhaftem Auftreten das Gestein dünnschieferig wird und in Sandsteinschiefer übergeht, und er umschliesst Thongallen (runde oder eckige Concretionen von Thon). Specifisches Gewicht: 2·4—2·55. Härte: 4—5, auch bis 7—8. Festigkeit für das Quadratcentimeter: für Druck 200—1400 *kg*, für Schub 10—100 *kg*, für Biegung 32—115 *kg*, für Zug 16—37 *kg*. Wasseraufnahme in 125 Stunden: 2·2—3·7 %. Wetterbeständigkeit gewöhnlich sehr hoch.

Vorkommen. Der Buntsandstein ist in der Tertiärformation sehr verbreitet. In den unteren Lagen derselben findet man am häufigsten kieselige, grobkörnigere, härtere, oft an Porzellanerde sehr reiche und durch Mangan schwarzgefleckte Steine, zu denen der Tigersandstein des Schwarzwaldes gehört, sowie der weisse Buntsandstein des Thüringerwaldes und Werrathales, welcher das Kaolin für die zahlreichen und theilweise recht bedeutenden Porzellanfabriken dieser Gegend liefert. In der mittleren und oberen Lage kommen Buntsandsteine vor, die als Bausteine besonders geschätzt sind.

Verschiedenes. Frisch gebrochen ist der Buntsandstein weich und leicht zu bearbeiten; beim Austrocknen wird er allmälig härter und fester und nimmt im Laufe der Zeit eine herrliche goldbraune, grünlich untermischte Patina an. In bruchfeuchtem Zustande gestattet er die Herstellung der feinsten und schärfsten Gliederungen und Ornamente.

Verwendung. Hauptsächlich zu Monumentalbauten (Fassaden, Säulen u. s. w.); die Dome zu Mainz, Worms und Speyer, die Münster zu Strassburg im Elsass, Freiburg im Breisgau und Basel, das Schloss zu Heidelberg und viele andere hervorragende Bauwerke sind aus Buntsandsteinen aufgeführt. Die härteren Arten benutzt man zur Herstellung von Mühl- und Schleifsteinen, die plattenförmig geschichteten (Sollinger Fliesen, Höxtersteine) zu Wandbekleidungen, Flurplatten und Dacheindeckungen. Weniger geeignet erscheint dieses Gestein für Trottoirplatten und Pflasterungen, weil es sich ungleichmässig abnutzt.

5. Den **Keupersandstein**, ein meist feinkörniges Gestein mit thonigem und mergeligem Bindemittel und von grauer, grünlicher oder röthlicher Farbe. Die Härte der festesten Arten liegt zwischen 7—8 und 8—9. Festigkeit

für das Quadratcentimeter im Mittel: für Druck bei den feinkörnigen Steinen 1000 *kg*, bei den mittelgrobkörnigen 300 *kg*, bei den grobkörnigen 150 *kg*, für Schub 44 *kg*, für Biegung 30 *kg*, für Zug nur 4·5 *kg*. Wasseraufnahme in 125 Stunden: 0·6—2·4 %. Wetterbeständigkeit im Allgemeinen vorzüglich.

Vorkommen. In der Trias-(Keuper-)Formation.

Abarten: *a*) Lettenkohlen- oder unterer Keupersandstein, sehr feinkörnig, fast dicht, gewöhnlich gelblichgrau gefärbt, mehr oder weniger mächtig geschichtet, mittelhart und reich an Pflanzenabdrücken und Kohlenputzen.

b) Schilf- oder mittlerer Keupersandstein (Stuttgarter Sandstein, Stubensandstein), ein thoniger Stein mit gleichmässigem feinen Korn, reich an Pflanzenresten, meistens grünlich- oder gelblichgrau, auch wohl roth gefärbt und dann mit eigenthümlichen Flecken und Streifen.

c) Rhätischer oder oberer Keupersandstein, grob- oder fein- und scharfkörnig, hell gefärbt, reich an Ueberresten von Fischen und Sauriern, fest, hart und quarzitreich bei kieseligem, oft weich und zerreiblich bei thonigem Bindemittel, aber auch mit einem kalkigen Bindemittel ausgestattet und nicht selten mit scharfkantigen, röthlichen Feldspathkörnern angefüllt.

Verschiedenes. Der Keupersandstein lässt sich gewöhnlich leicht bearbeiten und gestattet bei seinen feinkörnigeren Arten die Herstellung einer feinen und scharfen Gliederung und Ornamentirung.

Verwendung. Man benutzt die kieseligen Arten zu Pflasterungen, Chaussirungen, Mühl- und Schleifsteinen; den Lettenkohlen- und Schilfsandstein, sofern dieselben in mächtigen Bänken auftreten, zu Quader- und Bruchsteinen; die dünngeschichteten und plattenförmigen Schilfsandsteine zu Fussbodenbelägen und Dacheindeckungen; die weichen als Stubensand (Würtemberg); den Keupersandstein von Esslingen und Heilbronn zum Bau von Oefen zu metallurgischen Zwecken u. s. w.

6. Den **Jurasandstein.** Man unterscheidet folgende Arten:

a) Sandstein des schwarzen Jura oder Lias, zumeist feinkörnig, fest, oft glimmerreich und dann dünnplattig, weiss, hellgelb oder gelblichgrau gefärbt, mit eisenschüssig-thonigem, oft spärlich vorhandenem Bindemittel. Er liefert vorzügliche Quader- und Bruchsteine.

b) Sandstein des braunen Jura oder Dogger, meistens feinkörnig und weich, gewöhnlich eisenschüssig, hellgelb, braungelb, braunroth, braun, auch dunkelgrau gefärbt und mit thonigem oder mergeligem Bindemittel. Die helleren und härteren Arten enthalten oftmals kohlensauren Kalk und gehen allmälig in Kalkstein über. Der Stein ist für Bauzwecke nur wenig geeignet.

c) Sandstein des weissen Jura oder Malm, gewöhnlich reich an Glaukonitkörnern und dann fast saftgrün gefärbt, auch mit vielen Concretionen von Hornstein. Als Baustein ohne Bedeutung.

d) Sandstein der Wealdenformation (Deistersandstein), mittelfeinkörnig, lichtgelb oder grau, in dickeren Schichten abgelagert, sehr fest und dauerhaft, vorzüglich geeignet zu Hau- und Bruchsteinen, Schleif- und Mühlsteinen. Der Deistersandstein wird vorzugsweise in der Provinz Hannover zu Monumentalbauten u. s. w. verwendet.

Die Jurasandsteine des Teutoburger Waldes, des Deistergebirges und der Bückeburger Berge (des Wesergebirges) haben ein specifisches Ge-

wicht von 2·17—2·4, eine Druckfestigkeit von 300—1318 *kg* für das Quadratcentimeter, eine Härte von 7—8 und nehmen in 125 Stunden 4·2 bis 6·8 % des Trockengewichtes an Wasser auf.

7. Den **Quadersandstein,** ein feinkörniger oder grobkörniger, zuweilen krystallinischer, auch conglomeratartiger, mehr oder minder mächtig und gewöhnlich wagrecht geschichteter, weisser, gelber oder brauner, seltener grüner, sehr selten rother Stein mit thonigem oder mergeligem, kieseligem, auch eisenschüssigem Bindemittel, theils ganz frei, theils reich an organischen Ueberresten, mit Hornstein-, Chalcedon- und Brauneisenerz-Beimengungen, häufig von senkrechten Klüften durchsetzt und dann quaderförmig oder pfeilerartig abgesondert. — Specifisches Gewicht im Mittel 2·15. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter durchschnittlich 500 *kg.* Härte verschieden. Wetterbeständigkeit bei den Steinen mit kieseligem Bindemittel vorzüglich, mit thonigem Bindemittel im Allgemeinen mässig.

Vorkommen. Der Quadersandstein ist in der Kreideformation sehr verbreitet.

Verschiedenes. Quadersandsteine mit kieseligem Bindemittel sind sehr geschätzt, sie sind sehr fest und ungemein dauerhaft, lassen sich mit Hammer und Säge leicht bearbeiten und gestatten eine vielfache Verwendung. Quadersteine mit thonigem Bindemittel widerstehen den Witterungseinflüssen wenig und können daher nur zu Innendecorationen verwendet werden, da sie aber feuerbeständig sind, so benutzt man sie auch zu Hochofen-Gestellsteinen. Sind die Quadersandsteine mit Eisenerzadern durchzogen, so können sie zu Trottoirplatten und Treppenstufen nicht gut verwendet werden, weil sich die Steinpartien schneller abnutzen als die Eisenerzadern und letztere deshalb vorstehen und die Schuhsohlen zerreissen.

Verwendung. Die feinkörnigen und gleichmässig gefärbten Quadersandsteine werden für die feineren Arbeiten des Bildhauers und Steinmetzen, also zu Gesimsen, architektonischen Gliederungen und Ornamenten, Säulen, Grabdenkmälern, Statuen u. s. w. verwendet, die rauhen, scharfkörnigen und gleichmässig gebildeten zu Mühl- und Schleifsteinen, die grobkörnigen zu Quaderbauten, Grundbauten, Brücken-, Wehr- und Schleusenbauten, Futter- und Ufermauern, Festungsbauten, Treppenstufen, Thür- und Fenstergewänden u. s. w., die dünngeschichteten und plattenförmigen zu Wandbekleidungen, Balkonplatten, Deckplatten, Trottoirplatten und Fussbodenbelägen. Zu Monumentalbauten benutzt man vielfach den Elbsandstein (von Pirna, Schandau u. s. w.) in den sächsischen Grossstädten und in Berlin, Magdeburg, Hamburg u. s. w., den Wesersandstein (von Rinteln und Umgegend) in Hannover, Bremen, Oldenburg u. s. w., den Wiener- oder Karpathensandstein (mit vorherrschend kalkigem und mergeligem Bindemittel) in den Grossstädten Oesterreichs, Ungarns und Galiziens, den Flyschsandstein oder Fukoidensandstein der bayerischen Alpen in den bayerischen Grossstädten (der Stein hat ein vorherrschend kieseliges Bindemittel und wird auch zu Mühlsteinen verarbeitet), den Plänersandstein oder Prager Baustein (mit kalkigem Bindemittel) in den böhmischen Städten.

8. Den **Grünsandstein** der Kreideformation. (Siehe unter *g*). Festigkeit für das Quadratcentimeter: für Druck 188—524 *kg,* für Schub 17—32 *kg,* für Biegung 45—75 *kg,* für Zug 13—17 *kg.*

Verwendung. Da der Grünsandstein eine feine, scharfe Profilirung zulässt, dauerhaft und fest ist, so verwendet man ihn zu Quadern, Gesimsen, Säulen, Ornamenten, Statuen und Grabdenkmälern (München: Residenzschloss, Allerheiligenkirche, Centralbahnhof und Pinakotheken; Regensburg: Dom und einige Donaubrücken).

Abarten: *a*) Galtgrünstein der bayerischen Alpen, glaukonithaltig, zu Pflastersteinen vorzüglich geeignet;

b) Burgberger Grünsandstein aus unterirdischen Steinbrüchen bei Sonthofen, dicht, zumeist hart, mit Mergel verkittet und gute Bau- und Schleifsteine liefernd.

9. Den **Hilssandstein**, weisslich oder gelblich, wenig glaukonithaltig, dickgeschichtet, in der Neokomformation vorkommend. Er liefert gute Bausteine und auch feuerbeständige Steine (z. B. bei Buke und Schwanei im Regierungsbezirk Minden und bei Beckerode im Regierungsbezirk Osnabrück).

10. Den **Nummulitensandstein**, dunkelgrün bis schwärzlich, fein- bis grobkörnig, entweder stark kalkhaltig oder mit groben Quarzkörnern erfüllt, mit zahlreichen Schalen der Münzmuschel (Nummulina), auch mit Eisenerzkörnern und mit einem kalkig-eisenhaltigen Bindemittel.

Vorkommen: In der unteren Tertiärformation (dem Eocän), und zwar in den Voralpen bei Tölz.

Verwendung: Zu Hau- und Bruchsteinen für Hoch- und Wasserbauten, zu Trottoirplatten, Pflaster- und Mühlsteinen sowie — wenn sehr feinkörnig — auch zu Schleifsteinen.

Abart: Haberkornstein.

11. Den **Molassesandstein**, die jüngste Sandsteinbildung aus eckigen, mit einem kieseligen oder kalkig-mergeligen, oft auch thonigen Bindemittel verkitteten Quarzkörnern, denen häufig Glimmerblättchen beigemengt sind. Farbe grau, seltener gelblich oder grünlich. Härte verschieden. Festigkeit für das Quadratcentimeter: 510—1470 *kg* für Druck, 20—150 *kg* Schub, 24—87 *kg* für Biegung. Wetterbeständigkeit meistens sehr hoch.

Vorkommen: In der Molasse-(Tertiär-)Formation.

Verwendung. Die Molassesandsteine mit kieseligem Bindemittel verwendet man ihrer grossen Härte und bedeutenden Festigkeit wegen hauptsächlich zu Strassenpflasterungen, die mit kalkig-mergeligem Bindemittel zu Quadersteinen, Treppenstufen, Grabdenkmälern u. s. w., vorzugsweise in den Schweizer Städten, die mit vorherrschend thonigem Bindemittel, wenn sie feuerbeständig sind, zu Feuerungsanlagen; für Bauzwecke sind die Letzteren sonst nicht zu gebrauchen, weil sie im Wasser erweichen und in feuchtem Zustande vom Froste leicht zerstört werden.

Zu erwähnen sind noch folgende, der Tertiärformation angehörenden Sandsteine: Blättersandstein von Kempten im Mainzer Becken, Muschelsandstein von Südbayern und der Schweiz, Sandstein von Fontainebleau in Frankreich (gut geeignet zu Strassenpflasterungen und Chaussirungen), Sandstein von Münzeberg bei Giessen, von Sternberg in Mecklenburg-Strelitz (Sternberger Kuchen genannt), Feldspath-Sandstein von Waldshut (guter Baustein) und Kalksandstein von Weissenbach in Niederösterreich (dauerhafter und fester Baustein).

Schlussbemerkungen. Sandsteine mit kieseligem Bindemittel und weisse Sandsteine mit scharfkantigen Quarzstückchen und spärlich vorhandenem

Bindemittel sind die festesten und dauerhaftesten, solche mit thonigem Bindemittel sind hygroskopisch und nicht frostbeständig, aber wie die Kieselsandsteine meistens feuerbeständig. Sandsteine mit kalkigem und mergeligem Bindemittel werden vom Feuer und auch durch Salzsäure zerstört. Nester von Thoneisenstein oder Schwefelkies vermindern die Dauerhaftigkeit des Sandsteines, weil sie sich an der Luft zersetzen. Eisenockerige Sandsteine mit eisenschüssigem Bindemittel werden durch Salzsäure zerstört, sind leicht zerreiblich, stark hygroskopisch und zerblättern leicht. Kieselige und sehr feinkörnige Sandsteine bleiben lange Zeit bruchfeucht und müssen vor ihrer Verwendung längere Zeit an luftigen und trockenen Orten aufbewahrt werden, damit sie den grössten Theil ihrer Feuchtigkeit verlieren können; sie müssen fast trocken sein, ehe man sie mit Putz bewerfen kann. Bruchfeuchte und im Winter vermauerte Sandsteine sind in der Regel von geringerer Wetterbeständigkeit. Man muss die Sandsteine stets in ihrer Schichtung verwenden (auf ihr natürliches Lager bringen), weil sie sonst vom Froste leicht zerbröckelt werden.

Sandsteine mit scharfeckigem Korn und spärlichem Bindemittel sind wenig, solche mit rundlichem Korn und vorherrschendem Bindemittel gewöhnlich stark porös. Die Grösse des Porenraumes schwankt zwischen 4 und 27 %; sie beträgt z. B.

beim Sandstein vom Solling bei Höxter	ca.	6	%
» » von Nebra	»	25—27	»
» » » Kreuznach	»	17	»
» Grünsandstein der Schweiz	»	7	»
» Quadersandstein von Welschhusen	»	15	»
» Wienersandstein von Rekawinkel	»	4	»
» Kalksandstein von Weissenbach	»	4·5	»

Fast vollständig wasserundurchlässig kann man den Sandstein dadurch machen, dass man ihn einige Zeit in Kalkwasser liegen lässt. Das Kalkwasser darf keine milchige Trübung zeigen, weil sonst die Sandsteinoberfläche nicht klar bleibt.



Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter: 600—950 *kg*. Härte gewöhnlich = 3. Wasseraufnahme in 125 Stunden: 0·5—0·7 %. Porositätscoëfficient: Beim rheinischen Dachschiefer 0·15, beim französischen 0·045, beim englischen (rothen) 0·11 im Mittel. Wärmeausdehnung bei 1° *C* Temperaturerhöhung: 0·00005 des Volumens. Wetterbeständigkeit bei einigen Arten ungemein hoch, wie die auf einigen Kirchendächern liegenden, sehr alten Platten beweisen.

Vorkommen. Der Thonschiefer tritt hauptsächlich in der Silur- und Devonformation, seltener in der Steinkohlenformation auf und ganz ausnahmsweise auch in jüngeren Gesteinsformationen, z. B. im Tertiär des Glarus. Er bildet den Uebergang einerseits in den krystallinischen Glimmerschiefer, andererseits in den klastischen Grauwackenschiefer und somit die Zwischenstufe zwischen zwei ganz verschiedenen Gesteinsbildungen.

Eintheilung. Man unterscheidet folgende Arten:

1. Den gemeinen Thonschiefer, mit unregelmässiger Schieferung, reich an unwesentlichen Gemengtheilen und mit Quarzwulsten durchsetzt. Er ist blau, grau, auch grünlich oder röthlich gefärbt, fettglänzend und bildet den Uebergang in Glimmerschiefer. Hauptverwendung zu Bruchsteinen (zu Quadern nicht geeignet).

2. Den Grauwackenschiefer, meist erhärteter Thon, sehr feinkörnig bis dicht, dunkelgrau oder roth gefärbt. Er bildet theilweise eine schieferige, theilweise eine glimmerreiche Abart der Grauwacke und den Uebergang vom gemeinen Thonschiefer zum Grauwackensandstein durch Zunahme des Quarzgehaltes. Hauptverwendung zu Bruchsteinen und Fussbodenbelägen.

3. Den Dachschiefer, frei von sandigen Theilen, in dünne, glatte und grosse Tafeln leicht spaltbar und sehr ebenschieferig, mit gleichmässigem Korn, von grauer, bläulicher bis schwärzlicher Farbe und auf den Spaltungsflächen seidenglänzend. Hauptverwendung zu Dacheindeckungen.

4. Den Tafelschiefer, in dünnen und dicken Tafeln spaltbar, sehr ebenschieferig, reich an Kalkgehalt und von schwarzer Farbe. Hauptverwendung: Die dünnen Platten werden zu Schultafeln, die dicken zu Tisch- und Billardplatten, Fussbodenbelägen, Fensterdeckplatten, Pissoir-Scheidewänden u. s. w. benutzt.

5. Den Griffelschiefer, weich, rein und in lange dünne Stengelchen spaltbar infolge gleichzeitiger wahrer und falscher Schieferung. Er bildet zuweilen Lager im Dachschiefer. Hauptverwendung: Zu Schreibstiften für Schiefertafeln, entweder roh verarbeitet oder geschlämmt, mit Gummiwasser geknetet und geformt.

6. Den Wetzschiefer, die härteste Thonschieferart (Härte: 4—5), äusserst feinkörnig, sehr reich an Quarzkörnern, meist gelblich- oder grünlichweiss, aber auch gräulich-grau oder hellgrau gefärbt, mit splitterigem Bruch. Er kommt nur in dünnen Lagen zwischen andern Thonschieferarten vor. Hauptverwendung zu Wetz- und Schleifsteinen.

7. Den Zeichenschiefer, sehr weich, feinerdig, mit feinen Kohlen- oder Graphittheilchen innig gemengt, schwarz und abfärbend. Hauptverwendung als schwarze Kreide (für Maler).

8. Den Alaunschiefer, durch kohlige Stoffe schwärzlich gefärbt, mit fein eingesprengtem Schwefelkies, welcher die Bildung von Alaun und Eisenvitriol veranlasst. Er verwittert leicht an der Luft und erhält dann einen, von

Alaun herrührenden, weissen Ausschlag. Hauptverwendung: zur Gewinnung von Alaun.

9. Den Schalsteinschiefer mit zahlreichen versteinerten Zweischalern (Posidonomyenschiefer), Schalenkrebsen (Cypridinenschiefer) u. s. w., mit Hornblende und Chlorit. Hauptverwendung als roher Baustein.

10. Den Kohlenschiefer oder Schieferthon mit kohligen und bituminösen Stoffen. Sind diese Stoffe in grosser Menge vorhanden, so kann der Stein als Brennstoff Verwendung finden und wird dann Brandschiefer genannt.

Verschiedenes. Ein guter und brauchbarer Dachschiefer hat folgende Eigenschaften:

1. dunkle (violettschwarze) Farbe und Farbenbeständigkeit (leicht verwitternde Thonschieferplatten werden bald hellgrau und schliesslich weiss),

2. vollkommene Glattschiefrigkeit und möglichst dichten Querbruch;

3. leichte Spaltbarkeit in dünne, durchaus ebene Tafeln;

4. leichte Bohrung (ist der Festnagelung wegen nöthig);

5. hellen Klang beim Anschlagen mit einem Hammer. (Dumpfklingende Schieferplatten besitzen feine Haarrisse, in welche das Wasser eindringt, das dann bei seinem Gefrieren den Stein zersprengt);

6. Wasserundurchlässigkeit (poröse Schiefer leiden durch den Frost; über die Untersuchung der Porosität vergleiche das im § 11 Mitgetheilte);

7. keine Festigkeitsabnahme, wenn der Schiefer in einem verschlossenen Glase über Schwefelsäure aufgehangen ist (Prüfungsmethode des Professor Fresenius in Wiesbaden);

8. möglichst geringe (am besten gar keine) Beimengung von Schwefelkies, kohlensaurem Kalk, Manganoxydul, Eisenoxydul, eingesprengten Quarzkörnern und Kohlentheilchen, weil alle diese Bestandtheile die Dauerhaftigkeit des Dachschiefers beinträchtigen. Besitzt der Schiefer kohlensauren Kalk, so braust er, mit Säuren begossen, auf, enthält er Schwefelkies, so entsteht bei seinem Glühen zwischen Kohlen ein stechender Geruch nach schwefeliger Säure, ist sein Eisengehalt ein grösserer, so wird er durch Säuren stark

finden. Eintheilung. Nach den Mineralien oder Felsarten, deren Trümmer das Conglomerat bilden, unterscheidet man: Quarz-, Basalt-, Grünstein-, Bimsstein- u. s. w. Conglomerat und nach dem geognostischen Alter Grauwackenconglomerat, Conglomerat des Rothliegenden u. s. w.

Hervorzuheben ist die Nagelflue, welche sowohl der älteren als auch der jüngeren Molasse-Formation angehört und ein gemengtes Conglomerat aus eigrossen Rollstücken von Juralkalksteinen und Sandsteinen zwischen solchen aus Quarz, Granit, Gneis, Grauwacke, Kieselschiefer, Serpentin, Gabbro u. s. w. und mit einem weisslichen, gelblichen oder röthlichen, mergeligen, zuweilen eisenschüssigen und sandsteinartigen Bindemittel darstellt. Specifisches Gewicht: 2·2. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter im Mittel 400 *kg*. Wasseraufnahme in 125 Stunden bis 20%. Wetterbeständigkeit meistens gut.

Verwendung. Die Nagelflue wird in Süddeutschland, in Tirol und in der Schweiz (z. B. in den Orten am Vierwaldstätter See) zu Quader- und Bruchsteinen, Grundmauern, Sockeln, Treppenstufen, Pfeilern, Säulen u. s. w., ferner zu Brücken und Ufermauern, zu Pflasterungen und Chaussirungen, ja selbst zu Mühlsteinen (z. B. in Berchtesgaden) verwendet.

§ 54. Die Breccien.

Eigenschaften. Die Breccien sind Trümmergesteine, die entweder durch Ablagerung zusammengeschwemmter und durch chemische oder mechanische Absätze im Wasser verkitteter Gesteinsbruchstücke (Zusammenschwemmungsbreccien) oder dadurch entstanden sind, dass aus Vulcanen emporsteigende flüssige Gesteinsmassen von einem festen Gestein Bruchstücke ablösten (abrieben) und umschlossen (Reibungsbreccien). Die Zusammenschwemmungsbreccien gehen durch Abrundung ihrer scharfer Ecken und Kanten in die ihnen verwandten Conglomerate über. Bestandtheile: Die in den Breccien vorkommenden scharfkantigen oder eckigen Bruchstücke gehören einer einzigen oder mehreren Felsarten an und sind durch ein kieseliges, thoniges, kalkiges mergeliges, eisenschüssiges oder aus feinem Gesteinsschutt bestehendes Bindemittel zusammengekittet. Nach diesen Felsarten unterscheidet man: Quarzit- oder Kiesel-, Grünstein-, Porphyr-, Trachyt-, Kalkstein-, Dolomit- u. s. w. Breccien. Hervorzuheben ist der sogenannte Trümmermarmor aus eckigen, verschieden gefärbten Kalkstein- (und theilweise anderen) Trümmern und mit einem sehr festen, kalkigen Bindemittel.

Vorkommen. Die Breccien sind weniger verbreitet als die Conglomerate und gewöhnlich von geringer Mächtigkeit.

Verwendung. Besitzt das Bindemittel eine hinreichende Festigkeit, so kann man die Breccien als Bausteine verwenden. Manche Arten, wie z. B. der Trümmermarmor, lassen sich schleifen und poliren, auch sind sie vielfach schön gezeichnet; sie eignen sich dann zur Herstellung von mannigfachen Schmucksachen und Kunstgegenständen und werden im Baufach zu Zieraten verwendet.

§ 55. Die Tuffgesteine.

Allgemeines. Die Tuffgesteine bilden ein lockeres, mürbes, mehr oder weniger feinkörniges, zum Theil sehr deutlich geschichtetes Gemenge aus vulcanischen Aschen, Sanden, Bomben und grösseren Trümmergesteinen, die

durch Gewässer zusammengeschwemmt, als festes Gestein abgelagert, geschichtet und im Laufe der Zeit theilweise durch Verwitterung zersetzt sind. Bestandtheile: Die Grundmasse besteht aus Porphyr, Diabas, kohlensaurem Kalk, Trachyt, Phonolith, Bimsstein, Basalt, Leucit u. s. w.

Eintheilung: Nach der Grundmasse unterscheidet man folgende Arten:

1. Porphyrtuff oder Felsittuff aus feinsandigem oder staubartigem Porphyrschutt, dicht und sandsteinähnlich, aber auch löcherig, zellig, erdig oder körnig, meistens deutlich geschichtet, mit Pflanzenabdrücken und von bunter Farbe, aber auch mannigfaltig gefleckt und geadert. Specifisches Gewicht: 1·75—2·2. Härte im Allgemeinen gering, bei einigen Arten jedoch auch ziemlich bedeutend. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter im Mittel 300—400 *kg*. Wasseraufnahme verschieden gross. Wetterbeständigkeit gut. Verwendung: Zu Hau- und Bruchsteinen für Wohn- und Brückenbauten, wenn die Grundmasse durch eine spätere Umkrystallisirung wieder dicht und halbkrystallinisch geworden ist.

2. Grünsteintuff oder Diabastuff aus feinem, sand- oder staubartigem Diabasschutt von meistens schmutziggrüner Farbe, regelmässig geschichtet und häufig schiefrig, von kohlensaurem Kalk innig durchsetzt, mit feinkörnigem, erdigem bis dichtem Bruch, sowie zuweilen reich an organischen Ueberresten. Ist der Grünsteintuff sehr dicht, so wird er leicht mit Aphanit verwechselt; nehmen seine thonigen Bestandtheile überhand, so bildet er den Uebergang zum Grauwackenschiefer. Zu ihm gehört der schiefrige Schalstein aus Bruchstücken von Thonschiefer, aus Kalkspathkörnern und geringen Mengen Feldspathkrystallen- oder Körnern und eingebettet in eine erdige, von kohlensaurem Kalk und theilweise auch von Chloritschüppchen durchsetzte, vorwiegend grüne, graue oder gelbliche Diabasmasse, welche von Kalkspathadern netzartig durchzogen ist.

3. Kalktuff oder Travertin, siehe § 22. Festigkeit für das Quadratcentimeter im Mittel 300 *kg* für Druck, 30—36 *kg* für Schub, 95 *kg* für Biegung. Porositätscoëfficient sehr hoch, bis 32.

4. Trachyttuff oder Backofenstein aus zerkleinerten, theilweise

den Römern viel verwendet (Via Appia, Unterbau des Capitols, Carcer Tulianus u. s. w.)

b) der Bröckeltuff oder die Puzzolanerde, gelb und roth, weich, leicht zerreiblich, sehr dauerhaft. Er wird mit Kalkbrei vermischt als Wassermörtel verwendet und diente den alten Römern zur Herstellung von Gewölben (Thermen des Caracalla in Rom) u. s. w.;

c) der Peperino oder Pfefferstein vom Albanergebirge u. s. w., dunkelaschgrau, feinerdig, weich, mächtig und vielgeschichtet, dessen rothbraune bis graue Grundmasse mit Leucit- und Augitkrystallen, schwarzen Glimmerblättchen, feinen Magneteisenkörnern sowie mit eckigen Bruchstücken von körnigem Kalk, Dolomit, Basalt und Leucitporphyr angefüllt ist. Verwendung: In Neapel u. s. w. zum Häuserbau, obwohl er nicht immer wetterbeständig ist;

d) der Trass oder Duckstein vorzugsweise von den Schiefergebirgen des Rheines und der Trierer Umgegend, gelblichgrau bis bräunlich, erdig, meistens porös und locker, rauh, matt aussehend, mit einem Bindemittel aus feingeriebenem Bimsstein und mit eckigen oder runden, schrotkorn- bis faustgrossen, gelblichweissen und glanzlosen Bimssteinstücken, ferner mit Trümmern fremder Felsarten und mit Krystallen von Sanidin, Leucit, Hornblende, Glimmer u. s. w. sowie oft mit verkohlten Baumüberresten. — Der Trass ist leicht zu bearbeiten, sehr dauerhaft und ziemlich feuerbeständig. Verwendung hauptsächlich zur Herstellung von Wassermörtel, sodann zum Häuserbau, zur Ausmauerung von Fachwerkswänden, zu Feuerungsanlagen u. s. w. Aus Trass bestehen viele Burgen, Schlösser und Kirchen der Rheingegend (z. B. die Gereonskirche zu Köln a. Rh. und zwei Kuppeln des Domes zu Worms).

6. Basalt- oder Trapptuff, in allen Basaltgegenden vorkommend, dicht oder erdig, bisweilen deutlich horizontal geschichtet, von schmutziggrauer, auch brauner und schwärzlicher Farbe und aus fein zerriebenem, mehr oder weniger zersetztem Basalt, Dolerit oder Wacke, welcher eckige oder runde Basaltstücke, Krystalle von Augit, Olivin, Hornblende, Glimmer und Magneteisen, ferner Nester, Trümmer und Adern von Kalkspath oder Aragonit und Zeolith, sowie organische Ueberreste umschliesst. Verwendung: Zu Bausteinen, und wenn er feuerbeständig ist, auch zur Herstellung von Herdmauern u. s. w. Verwitterter Basalttuff liefert einen sehr fruchtbaren Lehmboden.

7. Leucittuff vom Laacher See u. s. w., gelblichgrau, wenig hart, mit vielen verwitterten weissen Leucitkörnern, zum Theil sehr feinerdig bis porös, ziemlich feuerbeständig und dem Trass sehr ähnlich. Specifisches Gewicht: 1·5. Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter im Mittel 150 *kg*. Wasseraufnahme in 125 Stunden bis 25%. Wetterbeständigkeit gut. Verwendung hauptsächlich zu Fassadenverblendungen in Berlin und am Rhein. Leucittuff liefert einen guten Quaderstein.

Die übrigen Tuffe sind für die Technik ohne Bedeutung.

Schlussbemerkung. Die Tuffgesteine besitzen gewöhnlich ein gleichmässiges Korn, eine schöne Farbe, grosse Leichtigkeit, gute Wetterbeständigkeit und leichte Formbarkeit; sie zeichnen sich vor anderen Felsarten auch dadurch aus, dass sie sich weniger leicht mit Flechten und Moosen überziehen. Ausser den bei den einzelnen Arten angegebenen Zwecken ver-

wendet man die Tuffgesteine zum Aufbau von Grotten und Ruheplätzen in Gärten und auf Promenaden, sowie in Aquarien.

IV. Lose Gesteine und Erden.

§ 56. Die erratischen Blöcke oder Findlinge.

Allgemeines. Die erratischen Blöcke oder Findlinge bestehen aus Trümmern von mechanisch zerkleinerten, verwitterten und zersetzten Gesteinsmassen (Granit, Gneis, Diorit, Syenit, Hornblendeschiefer, Porphyr, Quarzit, Kalkstein u. s. w.) und finden sich einzeln vor. Sie sind von den Felsabhängen losgerissen und entweder nur ins Thal gerollt oder während der Eiszeit auf dem Rücken der Gletscher und schwimmender Eisberge nach ferneren Gegenden transportirt worden. Die erratischen Blöcke haben oft einen bedeutenden Inhalt (bis 20.000 m^3) sind fast durchweg äusserst dauerhaft und liefern — namentlich für gebirgslose Gegenden (z. B. für Holland) — vorzügliche Bausteine.

Verwendung: Zu Fundamentmauern, Brückenpfeilern, Wassermauern, Wehr- und Schleusenbauten, Festungsbauten, auch zu Pflasterungen und Chaussirungen u. s. w. Aus Findlingen sind auch mannigfache Kunstwerke hergestellt worden, z. B. aus dem sogenannten Markgrafenstein von den Rauenschen Bergen in der Mark Brandenburg die 75.000 *kg* schwere Granitvase vor dem neuen Museum zu Berlin und aus einem anderen Findling der Mark die Friedenssäule auf dem Belleallance-Platze zu Berlin.

§ 57. Gerölle und Geschiebe.

Allgemeines. Wenn die abgelösten Felsstücke durch Wasser oder Gletschereis vorwärts gerollt oder vorwärts geschoben werden, so schleifen sich ihre Ecken und Kanten, sowie ihre Erhöhungen ab und es entstehen im ersten Falle abgerundete Gesteinstrümmer, Gerölle, im anderen abgeplattete und tafelförmige Geschiebe, deren Grösse sehr verschieden und

Geschiebe in bedeutender Menge übereinander gehäuft (Felsenmeere und Geschiebebänke) und zuweilen durch ein Bindemittel zu Conglomeraten vereinigt.

Verwendung. Wenn die Gerölle und Geschiebe mehr quarziger Natur sind, so besitzen sie eine vorzügliche Dauerhaftigkeit und eignen sich zur Herstellung von Pflasterungen und Chaussirungen, die grösseren Stücke auch zu Bruchsteinmauern und Fundamenten. Bestehen die Gesteinsstücke ausschliesslich aus Kalk (Isargerölle), so verwendet man sie zum Kalkbrennen. Grant und Kies mit vorherrschendem Quarzgehalt werden zu Decklagen auf Chausseen, zum Planiren von Fuss- und Reitwegen, zur Bereitung von Mörtel und Beton, zum Filtriren u. s. w. benutzt. Die Verwendung des Sandes ist im nächsten Paragraphen angegeben.

Trockener Kies hat ein specifisches Gewicht von 1·525.

§. 58. Der Sand.

Allgemeines. Unter Sand versteht man lose Anhäufungen von runden und eckigen, 0·1—3 *mm* Durchmesser besitzenden Gesteinskörnern. Nach den Hauptbestandtheilen unterscheidet man folgende Arten:

1. Quarzsand, am meisten vorkommend und zwar in der Tertiärformation und im Diluvium, aus mehr oder weniger abgerundeten Quarzkörnern, oft auch noch mit Beimengungen von Feldspath-, Granat-, Magneteisen- und Glaukonitkörnern, von Glimmerblättchen, auch Muscheln und Knochen. Quarzsand ist im reinsten Zustande farblos, sonst aber je nach seinen Nebenbestandtheilen röthlich, gelblich, grauweiss und weiss gefärbt. Er ist durch Zertrümmerung von Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Grauwacke und anderen Sandsteinarten entstanden und lagert sich noch jetzt in Bächen, Flüssen und am Meeresstrande ab.

2. Glaukonit- oder Grünsand, in der Kreideformation massenhaft auftretend, aus Glaukonit- und Quarzkörnern bestehend und von grünlicher Farbe.

3. Muschelsand, aus lauter runden Stückchen von Molluskenschalen gebildet.

4. Vulcanischer Sand, aus kleinen Schlacken und Lavakörnern, zuweilen auch mit Krystallen von Leucit und Augit, mit Glimmerblättchen u. s. w., von schwarzer Farbe und ziemlich schwer.

5. Magneteisensand (Titansand, sandiges Magneteisen) durch Verwitterung von Magneteisenerz entstanden.

6. Dolomitsand, am Fusse der Dolomitgebirge vorkommend.

Ferner unterscheidet man nach der Korngrösse und den Fundorten:

a) Grubensand (Bergsand, Grabsand), welcher im Alluvium, Diluvium und in der Braunkohlenformation vorkommt, häufig mit Thon- und Humusstoffen verunreinigt ist und eine verschiedene Korngrösse besitzt. Nach dieser theilt man den Grubensand ein in:

α) Flugsand, äusserst feinkörnig, pulver- bis staubförmig und daher für technische Zwecke wenig geeignet;

β) Triebsand, feinkörnig und z. B. zu Tüncherarbeiten verwendbar;

γ) Perlsand, grobkörnig, mit perlen- oder hanfkorngrossen Körnern;

δ) Scheuer- und Streusand, meistens feinkörnig, weiss, thon- und kalkhaltig.

Flug-, Trieb- und Perlsand sind durch Eisenoxyd und Lehm meistens schmutziggelb gefärbt und saugen wegen des Lehmüberzuges ihrer Körner wenig Kalkhydrat an.

b) Flusssand (Alluvialsand, angeschwemmter Sand), in den Flussbetten vorkommend und gewöhnlich sehr rein.

c) Meeressand (Dünensand), mit salzigen Bestandtheilen.

Verschiedenes. Der zur Mörtelbereitung zu verwendende Sand soll am besten mittelgrobkörnig, scharfkantig und rauh, sowie möglichst frei von Lehm, Thon und Humus sein. Ist er stark verunreinigt, so muss er gewaschen (geschlämmt) werden; besitzen seine Körner eine verschiedene Grösse, so ist er zu sieben. Lässt Sand, wenn man ihn zwischen den Händen reibt, keine erdigen Bestandtheile zurück, so ist er für Bauten tauglich; ist er aber reich an salzigen oder vegetabilischen Stoffen, so kann man ihn als Bausand nicht verwenden, weil er Salpeterfrass und Hausschwamm zu erzeugen vermag.

Als bester Bausand gilt der mittelgrobkörnige, scharfkantige Quarzsand mit 5—10% granitischen oder feldspathartigen Gesteinsbruchstücken. Kalk- und Dolomitsand ist weniger gut und wird zweckmässig mit Quarzsand oder mit ganz klein geschlagenen Feldspath- oder auch Hornblendegesteinen vermischt. (Vergl. § 196).

Verwendung. Ausser zur Mörtel- und Betonbereitung benützt man den Sand als Form-, Scheuer- und Streusand, als Schleif- und Putzmittel, zur Darstellung von Glas, Glasuren und Porzellan (besonders den reinen Quarzsand), als Filtrirstoff u. s. w.

Das specifische Gewicht beträgt im Mittel: für feinen und trockenen Sand 1·40—1·65, für feinen und feuchten 1·90—2·05, für groben 1·4—1·5. Demnach kann man das Gewicht von 1 m^3 trockenem Sand durchschnittlich zu 1500 *kg* und von 1 m^3 nassem Sand im Mittel zu 2000 *kg* annehmen.

§. 59. Kieselguhr (Infusorienerde).

Allgemeines. Kieselguhr, (Kieselmehl, Bergmehl, Bergguhr, Infu-

die Kieselguhr sogar in früheren Jahrhunderten in Zeiten der Hungersnoth gegessen wurde.

§ 60. Thon und Lehm.

Allgemeines. Thon bildet ein Zersetzungsproduct von feldspathhaltigen Gesteinen, namentlich von Granit, Gneis, Porphyr, Trachyt, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Diorit, Melaphyr, Basalt u. s. w. Die kieselsäurereichen Feldspathe liefern bei ihrer Verwitterung als unlöslichen Rückstand Porzellanerde, feuerfesten Thon, auch kalk- und eisenhaltigen Thon; die kieselsäurearmen Feldspathe kalk- und eisenhaltige, sowie magere, leicht zu Mehl zerfallende Thone; die Glimmergesteine eisenschüssigen Thon von ockergelber oder rothbrauner Farbe; die Hornblende- und Augitgesteine ockergelben oder graugrünen mageren Thon und Lehm, sowie lederbraunen, kalkhaltigen Eisenthon und mergeligen Lehm.*)

Man unterscheidet primären und secundären (sedimentären oder aufgeschwemmten) Thon. Befindet sich der Thon auf der ursprünglichen Bildungsstätte, d. h. an dem Orte, wo das Gestein oder seine Trümmer sich vor ihrer Zersetzung befanden, so nennt man den Thon einen primären; wurde der Thon jedoch durch Wasser fortgerissen und an anderer Stelle abgelagert, so heisst er secundär. Der primäre Thon zeichnet sich meist durch eine grosse Reinheit aus; zu ihm gehört der reinste Thon, nämlich Kaolin oder Porzellanthon, welcher mit Wasser eine nur sehr wenig plastische Masse liefert. Zu den secundären Thonen, die auf dem Transportwege mit Stoffen der verschiedensten Beschaffenheit und Menge vermischt wurden und demgemäss mehr oder weniger verunreinigt sind, rechnet man alle Thone, vom feuerfesten Pfeifen- oder Töpferthon an bis herunter zum Thonmergel und sandigen Lehm, welche angenässt plastisch werden.

Bestandtheile. Thon besteht aus einem wechselnden Gemenge von Thonsubstanz, Quarz (Sand), unverwitterten Feldspathresten und anderem äusserst feinen Mineralstaub, ferner von kohlensaurem Kalk, Eisen (Eisenoxydhydrat oder Eisenoxyduloxyd), Magnesia, Kali, Natron, Bitumen, auch von Schwefelkies, Manganoxyd, Gypskrystallen u. s. w. und enthält ausserdem noch häufig Versteinerungen (Muscheln, Korallen), Pflanzen- und Thierreste u. s. w. Die Hauptbestandtheile eines jeden Thones sind Thonerde und Kieselsäure; die übrigen Gemengtheile treten hauptsächlich nur bei den geringeren Thonarten und zwar in verschiedener Menge und Zahl auf.

Die Thonsubstanz ist flaserig und besteht aus zarten Blättchen oder Schüppchen, welche in ebenen, parallelen Schichten abgelagert sind. Der Sand kommt nach Grösse, Form und Farbe in allen den im § 58 aufgeführten Arten vor; der Mineralstaub besteht aus abgerundeten oder tafelförmigen Quarz-, Glimmer- oder Feldspaththeilchen oder auch aus den Panzern der Infusorien. Das ganze Gemenge zeigt ein vollständig pelitisches oder mehr oder minder feinkörniges Gefüge.

Specifisches Gewicht: 1·8—2·6, gewöhnlich = 2·2.

---

*) **Siehe: Dr. Hermann Zwick** »Die Natur der Ziegelthone und die Ziegelfabrikation der Gegenwart.« **Wien, A.** Hartlebens Verlag, 1894. 2. Auflage, S. 18.

Eintheilung. Man kann die Thone in sehr verschiedener Weise eintheilen.

F. Senft (»Fels und Erdboden«, S. 277) und Zwick (a. a. O., S. 65—69) unterscheiden Thone, welche mit Säuren betropft, nicht aufschäumen und daher keinen kohlensauren Kalk enthalten, und solche, welche bei Behandlung mit Säuren mehr oder weniger stark aufschäumen. Zu den Ersteren gehören:

A. **Fette Thone,** welche in trockenem Zustande harte Massen bilden, die sich, mit dem Fingernagel gerieben, glätten und dann glänzen, in feuchtem Zustande aber zähe, klebrig, teigartig, sehr fein walz- und streckbar, auch biegsam sind, ohne zu bersten. Die fetten Thone führen geringere Mengen durch Aetzkali ausziehbare Kieselsäure, 2—20% Eisenoxydhydrat, dem sie ihre Farbe verdanken, auch wohl kohlige Stoffe, die sie rauchgrau und schwarzgrau färben, und die verschiedensten Beimischungen von Gesteinstrümmern, mitunter auch Kochsalz, Glaubersalz, Gyps, Schwefelkies u. s. w. Man rechnet zu ihnen:

a) den gemeinen Thon, Klay oder Töpferthon;
b) den Eisenthon oder eisenschüssigen Thon;
c) den bituminösen Thon oder Schieferletten.

B. **Magere Thone,** welche in trockenem Zustande mürbe, bröckelige Massen bilden, die sich, mit dem Fingernagel gerieben, wenig oder nicht glätten, in feuchtem Zustande krümlig, wenig klebrig, wenig walz- und streckbar, nicht biegsam sind. Die mageren Thone führen mindestens 20% nur durch Kalilauge ausziehbare Kieselsäure, ausserdem wenig oder viel abschlämmbaren Sand, ferner 7—10% Eisenoxydhydrat, dem sie ihre Farbe verdanken, sowie Gesteinstrümmer.

Zu ihnen rechnet man den Lehm (Lehmthon, Grundlehm).

Zu den kohlensauren Kalk enthaltenden Thonen gehören:

C. **Die Mergelarten,** welche innige, gleichmässige Mischungen von kohlensaurem Kalk oder Dolomit mit Thon oder Lehm darstellen, so dass eine Trennung beider durch Abschlämmen nicht möglich ist. Hierdurch unterscheiden sie sich von den anderen Thonarten, welchen, wenn sie kalkhaltig

Nach dem Verhältniss zwischen Thonerde und Kieselsäure, nach dem Grade der Reinheit des Gemenges und der damit zusammenhängenden Verwendbarkeit unterscheidet man:

1. **Kaolin oder Porzellanerde**, eine kryptokrystallinische, aus mikroskopisch kleinen, glimmerartigen Krystallblättchen zusammengesetzte, feste oder lockere Masse von erdiger Beschaffenheit und mit unebenem, feinerdigem Bruch. Das Kaolin ist milde, leicht zerreiblich, in gereinigtem Zustande rein weiss und bei Verunreinigungen röthlich, gelblich oder grünlichweiss gefärbt, von mattem Aussehen und undurchsichtig. Trockenes Kaolin hat einen eigenthümlich erdigen Geruch beim Anhauchen, bleibt kaum an der Zunge hängen und fühlt sich mager an, durchfeuchtetes ist wenig plastisch und fühlt sich fett an. Kaolin ist im Ofenfeuer unschmelzbar und leicht löslich in Kalilauge und Schwefelsäure, dagegen wenig löslich in Salz- und Salpetersäure. In sehr reinem Zustande vermag es bis 70% Wasser in sich aufzunehmen. Beim Brennen wird Kaolin dicht, hart, klingend und erhält eine weisse Farbe; im Knallgasgebläse entsteht aus ihm ein farbloses Glas.

Das Kaolin bildet hauptsächlich ein Zersetzungsproduct des Orthoklas (Kalifeldspath) sowie des Granit, Gneis und Porphyr, und besteht nach Forchhammer aus 47·03% Kieselsäure, 39·23% Thonerde und 13·74% chemisch gebundenem Wasser.

Härte = 1. Specifisches Gewicht = 2·2.

Vorkommen. Kaolin findet sich auf Trümmern des Urgebirges, auf Nestern, Lagern und Klüften feldspathhaltiger Gesteine und mit Quarz, auch mit Glimmer u. s. w. vermischt. Bekannte Fundorte sind:

Morl und Trotha bei Halle; Kaolin aus zersetztem Porphyr, in der königl. Porzellanfabrik zu Berlin verarbeitet;

Seilitz bei Meissen; aus Porphyr entstandenes Kaolin, von der berühmten Meissner Porzellanfabrik verwendet;

Wegscheid in Niederbayern; durch Verwitterung von Gneis entstandenes Kaolin; in der Porzellanfabrik zu Nymphenburg benutzt; sogenannte Passauer Porzellanerde;

St. Yrieux bei Limoges in Frankreich; Kaolin aus zersetztem Gneis;

St. Austle in Cornwall (England); Kaolin aus verwittertem Granit;

Tregoning-Hill bei Helstone; sogenannter cornish stone aus halb verwittertem Pegmatit, u. s. w.

Verschiedenes. Kaolin ist der wichtigste Thon; er ist meistens ohne fremde Beimischungen, führt aber zuweilen einen geringen Gehalt Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Kali u. s. w. Er bildet auch ein Bindemittel von Sandsteinen, den sogenannten Kaolinsandsteinen.

Verwendung. Die ganz reinen Sorten dienen zur Herstellung von Porzellan, die verunreinigten zur Fabrikation von Fayence und anderen feineren Thonwaaren, auch wird Kaolin zur Bereitung von Ultramarin verwendet. Wegen seiner Aufsaugefähigkeit eignet es sich zur Vertilgung von Fettflecken. Das durch Eisenoxydhydrat gelb gefärbte Kaolin wird unter dem Namen Gelberde zu Anstrichen benutzt. Aus den stärker verunreinigten Sorten werden Kapseln für Porzellanfabriken, Ausfütterungen von Puddel- und Schweissöfen u. s. w. hergestellt.

2. **plastischen Thon**, ein durch Eisen- oder Manganoxydulhydrat, Eisenoxydul, kohlensauren Kalk, kohlen- und kieselsaure Magnesia und organische

Stoffe verunreinigtes Kaolin oder ein Zersetzungsproduct von Gesteinen, denen die vorgenannten Stoffe beigemengt waren. Plastischer Thon ist meistens derb, grob- oder feinerdig, zerreiblich und angenässt geschmeidig, knet- und formbar, auch biegsam, ohne zu brechen. Er fühlt sich fettig an und wird auf dem Strich glänzend. Seine Härte ist eine geringe, seine Farbe eine sehr verschiedene, nämlich weiss, grau bis schwarz, auch gelb, blau, grün, roth und violett, ferner bunt gefleckt, gestreift, geadert und geflammt.

Verschiedenes. Mit Zunahme der Verunreinigungen wächst die Schmelzbarkeit des plastischen Thones. Er hängt sich in trockenem Zustande mehr oder minder fest an die Zunge und verliert erhitzt das chemisch gebundene Wasser sowie seine Bildsamkeit. Mit Wasser angerührt vermehrt er oft bedeutend sein Volumen (quillt auf), beim Trocknen vermindert er dasselbe (schwindet), wobei er häufig Risse und Sprünge erhält. Das Schwindmass ist abhängig vom Sandgehalt; Thon, welcher mehr als um 10% schwindet, ist zu fett.

Eintheilung. Man unterscheidet beim plastischen Thon folgende Arten:

a) Pfeifenthon, welcher nur sehr wenig fremde Bestandtheile besitzt, fast ganz frei von Eisenoxyd, sehr plastisch, sehr zähe, weiss oder hellgrau und nach dem Brennen fast schneeweiss ist. Man benutzt ihn zur Herstellung von Thonpfeifen (daher sein Name), von Steingut, Fayence, Porzellankapseln u. s. w.

b) Feuerfesten (richtiger: feuerbeständigen) Thon, einen wenig verunreinigten Thon von weisser, gelber oder schwarzer Farbe, der sehr zähe, sehr plastisch und umso feuerbeständiger ist, je weniger er mit Sand, kohlensaurem Kalk, Eisen- und Manganoxydhydrat u. s. w. verunreinigt ist. Feuerfester Thon ist jedoch im Porzellanofenfeuer niemals schmelzbar.

Bestandtheile. Die englischen und schottischen feuerfesten Thone bestehen im Mittel aus: 46—65% Kieselsäure, 22—40% Thonerde, 0—1·5% kohlensaurem Kalk, 0—2% Magnesia, 0—5% Eisenoxyd, 0—0·2% Kali, 3—19% Wasser und 0—2% organischen Stoffen oder Sand. Die **deutschen** feuerfesten Thone enthalten im Mittel: 35—64% Kieselsäure, 26—35·5%

d) Schieferlette, stark mit Eisenoxyd uud Eisenoxydhydrat verunreinigt und deshalb gelb und roth gefärbt, aber auch mit grünlichen Flecken und Streifen. Die Schieferlette kommt immer nur in sehr dünnen Schichten und häufig mit Beimengungen von kohlensaurem Kalk vor; in nassem Zustande bildet sie eine sehr fette und zähe Masse, in trockenem ist sie jedoch mager und leicht zu zerbröckeln. Man verwendet sie hauptsächlich zur Herstellung von Ziegelsteinen.

e) Töpferthon (Klay), immer Eisenoxydhydrat, häufig auch kohlensauren Kalk, Gyps, Spuren von Magnesia und Kali, Kochsalz, Glaubersalz, Schwefelkies, Gesteinstrümmer und Sand enthaltend. Er besteht im Mittel aus: 33—62% Kieselsäure, 22—34% Thonerde, 0—2% kohlensaurem Kalk, 0—0·8% Magnesia, 2—6% Eisenoxydhydrat, 0—2·5% Kali, 6·4—13·6% Wasser und 0—30·5% Sand. Töpferthon fühlt sich meist weich an, ist oft stark gefärbt (grau, grün, gelb bis braun), bildet mit Wasser eine ziemlich zähe Masse und schmilzt wegen seines Gehaltes an Kalk und Eisenoxyd je nach der Menge dieser Beimischungen leichter oder schwerer bei höherer Temperatur zu einer dunkelgefärbten Schlacke. Töpferthon kann jedoch bei geringerer Verunreinigung eine ziemlich grosse Hitze ertragen, ohne zu schmelzen, verliert jedoch bei hoher Temperatur stets an Härte. Beim Brennen erhält er eine gelbliche, röthliche oder bräunliche Farbe.

Vorkommen hauptsächlich in den jüngsten Gebilden der Erdrinde, z. B. in der Kreideformation.

Verwendung: Zur Herstellung von Töpferwaaren aller Art, von Thonröhren, Verblendziegeln, Ofenkacheln, Terracotten u. s. w.

Der plastische Thon dient auch zur Herstellung von Modellen, zur Fabrikation von Portlandcement und, weil er durchfeuchtet das Wasser begierig festhält und neues nicht aufnimmt, auch zum Dichten von Wasserbehältern und Gruben sowie zum Schutze von Kellern und Mauern gegen Wasserandrang, ferner zum Abdämmen, zur Entfernung von Fettflecken, weil er Oele und Fette begierig aufsaugt u. s. w.

3. Ziegelerde oder Ziegelthon. Sie besteht aus einem verschiedenartigen Gemenge von Thon, Sand, Eisenoxyd, Eisenoxydhyrat und Wasser und enthält häufig kohlensauren Kalk, Kali und Natron, Magnesia, Schwefelkies, Gyps, Pflanzenreste u. s. w. Man rechnet zu ihr:

a) den Thonmergel, mit 75—85% Thon, 10—20% kohlensaurem Kalk, grösseren oder geringeren Mengen Sand und meistens mit Eisenoxyd und Magnesia. Thonmergel zerfällt in Wasser zu Pulver und bildet eine teigartige, unzusammenhängende Masse. Er ist leicht schmelzbar und schäumt, mit Säure begossen, stark auf, wobei oft über die Hälfte seiner Masse aufgelöst wird. Aus ihm fertigt man hauptsächlich Töpferwaaren, die nur mässig gebrannt werden.

Zu ihm gehört der Kalkmergel, welcher grössere Mengen Kalk als Thon besitzt und namentlich als Zusatz zu kalkarmer oder kalkfreier Ziegelerde verwendet wird, der Lehmmergel (mit 15—25% Kalk, 20—50% Thon und 25—75% Sand) und der Sandmergel (mit 50—75% Sand). (Vergl. auch § 24.)

b) den Löss und Lehm (Lehmen, Leimen, Lette u. s. w.); am verbreitetsten. Mit Löss bezeichnet man gewöhnlich die ältere, mit Lehm die jüngere aus Thon, Kieselerde (Quarzsand), Eisenocker, Kalk und Wasser

bestehende Ziegelerde, welche meistens noch Alkalien, Magnesia, auch Schwefelkies, Gyps, Glimmerblättchen, organische Ueberreste u. s. w. enthält und eine gelbe oder bräunliche, auch graue Farbe besitzt, die beim Brennen mehr oder minder in Roth übergeht. In der Praxis versteht man unter Lehm gewöhnlich alle Ziegelthone, welche mehr als 60% Quarzsand enthalten, der durch Schlämmen entfernt werden kann. Der Lehm bildet angenässt nur eine wenig plastische Masse und besitzt eine mässige Feuerbeständigkeit.

Specifisches Gewicht: Trocken = 1·52, frisch gegraben = 1·67—2·85.

Eigenschaften. Löss und Lehm sind magerer als Thon; sie können in durchfeuchtetem Zustande 40—50% Wasser aufnehmen, ohne schlammig zu werden. Nach dem Brennen ist ihre Farbe umso gelblicher, je mehr Thon sie enthalten, und umso röther, je grösser ihr Eisenoxydgehalt. In hoher Temperatur verwandelt sich das Eisenoxyd in Eisenoxydul, und es bekommt der Lehm hierdurch eine bläulichrothe, auch grünliche oder schwärzliche Farbe; in sehr hohen Hitzegraden schmilzt er zu einer glasartigen, blaugrauen bis schwärzlichen Schlacke zusammen, d. h. es tritt (durch das Eisenoxyd) eine *Sinterung* ein. Aber auch durch einen Zusatz von kohlensaurem Kalk kann man eine schnelle Sinterung der Lehmmasse erzielen.

Verwendung. Löss und Lehm sind zur Ziegelfabrikation gut geeignet, wenn sie nicht mehr als ca. 15% kohlensauren Kalk besitzen, wenn sie mit Wasser angerührt einen knet- oder formbaren Teig bilden, welcher keine Risse oder Sprünge erhält, sobald er getrocknet wird, wenn sie keine vegetabilischen Stoffe, wenig Alkalien, wenig Schwefelkies, wenig Magnesia, wenig Gyps und keine Kiesbestandtheile führen und nicht zu fett, aber auch nicht zu mager sind. Ausser zur Herstellung von Ziegeln benützt man sie auch zur Bereitung von Mörtel und Estrichen (vergl. § 191), von Lehmsteinen (Lehmpatzen, vergl. § 95), zur Herstellung von Lehmwänden (Lehmpisébauten, vergl. § 191), zum Ausfüllen von Zwischendecken, zum Mörtel für Feuerungsanlagen (Brandmauern) u. s. w. Nicht geeignet ist Lehm zum Dichten von Fangedämmen u. s. w., weil er das Wasser durchsickern lässt.

Vorkommen. Im Diluvium und Alluvium bis zu einer Mächtigkeit von

§ 61. Die Garten-, Humus-, Acker-, Wald- und Dammerde.

Allgemeines. Mit Erde bezeichnet man die mehr oder weniger mit organischen Beimengungen behafteten Verwitterungs- und Zersetzungsproducte der Gesteine oder auch die durch die Verwesung thierischer und pflanzlicher Organismen entstandenen, häufig auch künstlich bereiteten, lockeren Massen (z. B. Humus-, Laub- und Torferde, Moorboden u. s. w.), welche den Pflanzen zur Wohnung und Nahrung dienen.

Mauerfrass. Die vegetabilische Erde nennt man gewöhnlich Garten- oder Dammerde. Sie enthält stets Kochsalz (Chlornatrium), das mit kohlensaurem Kalk (Kalkstein oder Kalkmörtel) unmittelbar in Berührung kommend, kohlensaures Natrium und Chlorcalcium erzeugt. Das kohlensaure Natrium blüht aus, während das Chlorcalcium begierig Wasser aufsaugt und auf dem Mauerwerke einen schleimigen, weisslichgrauen Ueberzug (den Mauerfrass) bildet, welcher die Steine erweicht. Diese weich gewordenen Theile werden durch den Frost abgelöst und durch oftmalige Wiederholung dieses Vorganges die Steine endlich ganz zerstört. Es ist daher stets dafür zu sorgen, dass sich Dammerde nicht mit Mauerwerk aus Kalksteinen oder mit Kalkmörtel unmittelbar berührt.

Verschiedenes. Magere Garten- oder Dammerde darf niemals zur Ausfüllung unter Holzfussböden verwendet werden, weil sonst leicht Holz- oder Hausschwamm entsteht (vergl. § 153), auch wird man zur Herstellung von Zwischendecken fettige oder lehmige Gartenerde oder sandige Erde nur im Nothfall und dann auch nur in Vermischung mit Düngesalz verwenden. Düngesalz ist das ordinärste Salz, welches von den Gradirreisern abgeklopft und deshalb auch Dornasche genannt wird; es bildet einen wirksamen Schutz gegen Holzschwamm.

Specifisches Gewicht: Bei lehmiger und festgestampfter Erde, wenn dieselbe ganz frisch gegraben = 2·06 und wenn sie trocken = 1·93, bei magerer und trockener Erde = 1·34, bei Gartenerde, wenn sie frisch gegraben = 2·05 und wenn sie trocken = 1·63. Im Durchschnitt kann man das specifische Gewicht der Erdmassen zu ca. 1·8 annehmen.

Durch das Aufgraben wird der Cubikinhalt der Erdmasse oft bis auf das Anderthalbfache gesteigert, so dass frisch gegrabene Erde sich wieder bis zu $^2/_3$ des Auftrages setzt, ehe sie abgelagert ist.

E. Die Gewinnung.*)

§ 62. Die offenen und unterirdischen Steinbrüche.

Die Bausteine werden entweder in einem offenen Steinbruch, im »Tagebau«, oder unter der Erde und dann regelrecht bergmännisch gewonnen (Grubenbau). Liegt das abzubauende Gestein an der Erdoberfläche oder in mässiger Tiefe unter derselben, oder ist bei grösserer Tiefenlage die Beseitigung des Abraumes oder der Schwarte, d. h. der über dem Gestein lagernden Erdmassen, sowie der obersten, halb verwitterten (angefaulten, unreifen) Steinschichten leicht und billig auszuführen und kommt der Fels in dicken Bänken vor, so erfolgt der Abbau am billigsten und bequemsten unter offenem Himmel, »zu Tage«. Befindet sich das nutzbare Gestein dagegen in grösserer

*) Näheres hierüber findet man in dem bereits erwähnten Werke des Verfassers »Die natürlichen Gesteine« Bd. II, S. 1—78.

Tiefe unter der Erdoberfläche und bereitet das Fortschaffen der über dem Gestein lagernden unbrauchbaren Massen grössere Schwierigkeiten und erheblichere Kosten, oder kommt das Gestein nur in dünnen Bänken oder in vereinzelten guten Adern vor, die auf grössere Tiefe zu verfolgen sind, so wird sich der unterirdische Abbau trotz des Grubenausbaues zur Verhütung des Zusammensturzes der Stollen und Schächte billiger stellen und daher vorgezogen werden müssen.

Schiefer, Sandstein, Kalkstein, Granit, Basalt, wie überhaupt alle ungeschichteten Massengesteine und horizontal gelagerten Schichtgesteine können gewöhnlich in offenen Steinbrüchen gewonnen werden, weil bei ihnen die Abbauverhältnisse meistens günstig liegen.

Da die Güte des Gesteins in der Regel nach dem Inneren seines Lagers wächst und der Fels gewöhnlich umso fester und dauerhafter erscheint, je höher der Abraum ist, so wird man aus unterirdischen Steinbrüchen im Allgemeinen bessere Steinqualitäten erzielen als durch offene. Trotzdem ist der unterirdische Abbau bei Bausteinen sehr selten. Dem Verfasser dieses Buches sind nur zwei Grubenbauten dieser Art in Deutschland bekannt, nämlich der zur Gewinnung der Basaltlava in Niedermendig am Rhein betriebene und der Sonthofener Steinbruch (vergl. § 51, 8 *b*).

Bei den **offenen** Steinbrüchen erfolgt der Abbau, wenn das Gestein von steilen Bergrändern gebrochen werden soll, beliebig von der steilen Wand senkrecht herunter, wobei man, um recht viele freie Flächen und dadurch recht viele Angriffsstellen zu erhalten, mit der Herstellung von Nischen in der Felswand beginnt. Man nennt dies den Abbau in Pfeilern und, wenn letztere eine geringere Höhe erhalten, den Abbau in Bänken. Wird bei weiterem Eindringen in das Gestein die Felswand sehr hoch, so stellt man in Entfernungen von 5—10 *m* übereinander mehrere wagrechte oder schwach geneigte Etagen (Strossen, Bänke), d. h. eine Terrasse her und legt von dieser aus die Abbaupfeiler an. Liegt das Gestein in einem sanft ansteigenden Terrain, so muss man, falls sich am Fusse des Höhen-

dem Gesteinsabfall, Schutt u. s. w. wieder ausgefüllt werden, oder ohne Bergeversatz, indem die geschaffenen Hohlräume hohl bleiben. Zu der ersten Abbauart gehört der Firsten-, Strossen-, Quer- und Strebebau, zum Abbau ohne Bergeversatz der Pfeiler-, Stockwerks- und Bruchbau. Es würde zu weit führen, hier auf die einzelnen Abbauarten näher einzugehen; es sei daher nur noch bemerkt, dass bei unterirdischen Steinbrüchen der Querbau am gebräuchlichsten ist, bei welchem von einem im Nebengestein hergestellten (»abgeteuften«) Förderschachte aus eine Strecke (Förderstrecke) im Streichen am Liegenden der Lagerstätte (vergl. § 18) getrieben, das auszuarbeitende Quartier (das sogenannte Bergmittel) in mehrere, wagrecht übereinanderliegende Stöcke getheilt und hierauf der Abbau abtheilungsweise und zwar von unten nach oben bewirkt wird, indem man rechtwinkelig von der Förderstrecke nach dem Hangenden der Lagerstätte Strecken (Querstrossen oder Oerter) von 1·9—2·8 *m* Breite herstellt.

Als Kennzeichen für das Vorhandensein von Steinbrüchen in Gegenden, in denen Felsmassen nicht »zu Tage« gehen, führt O. Mothes*) folgende auf:

»Tannenwälder auf Abhängen — Quellen, die höher liegen als der nächste Fluss — feinsandiger Boden im nassen Grunde — Thon und Sand vermischt im nassen Grunde — Mergelboden — kalkhaltige Erde — Salzquellen oder metallhaltige Quellen — sehr gekrümmte Flüsse — Stromschnellen — Einsickerung fliessenden Wassers — Erdbeben — blätteriger, rauher Boden — seichte Flüsse, die sich bei starkem Gefälle doch sehr ausbreiten u. s. w.

An Stellen, wo eines dieser Anzeichen vorhanden ist, schlägt man eine spitze eiserne Stange in den Boden; wenn sie nach einiger Zeit durchaus nicht weiter hineingeht, ist Wahrscheinlichkeit für Auffindung von Steinen da, und man geht nun mit dem Bergbohrer an die eigentliche Untersuchung«.

Bei dem Ankauf eines Steinbruches ist zu beachten, dass der Abfall mindestens ein Drittel beträgt, selbst wenn sich noch kleinere Steine (z. B. zu Schotterbahnen) verwenden lassen. Können aus einem Steinbruche Quadersteine gewonnen werden, so darf man nur auf zwei Drittel Quadersteine und ein Drittel gewöhnliche Bruchsteine (für Fundamentmauern u. s. w.) rechnen. Auch sind bei der Berechnung der Rentabilität eines Steinbruches die Kosten für die Beseitigung des Abraumes zu berücksichtigen, die von der Höhe und Beschaffenheit desselben abhängen.

§ 63. Die Gewinnungsarbeiten.

Man kann die Gewinnungsarbeiten eintheilen in: Wegfüllarbeit, Keilhauenarbeit, Schlägel- und Eisenarbeit, Hereintreibearbeit, Arbeit mit Feuersetzen u. s. w., Spreng- oder Bohr- und Schiessarbeit und Maschinenarbeit.

1. **Die Wegfüllarbeit.** Sie umfasst die gewöhnliche Erdarbeit, das Gewinnen von stechbarem Boden, die ganze oder theilweise Beseitigung des Abraumes. Man benützt bei dieser Arbeit als »Gezähe«: Schaufel, Schippe, Spaten, Kratze, Bergtrog, Gabel, Kräl u. s. w. Gartenerde, feiner Sand, Dammerde, Moorboden, lockerer Lehm und ähnliche Bodenarten werden mit der Schaufel (Fig. 1) gelöst, stark mit Lehm vermischter, jedoch nicht steiniger

*) **Illustrirtes Baulexikon**, 4. Aufl., Bd. IV, S. 261.

Boden (sogenannter Stichboden) und sehr verwurzelter Boden mit dem Spaten oder Grabscheit (Fig. 2) oder mit der schlesischen Schippe (Fig. 3) gestochen, hohe Wände, auch Kies, sandiger Lehm und Thon mit hölzernen runden Keilen gelockert, schlammige Bodenarten durch die Schlamm- oder Fangschaufel beseitigt.

2. **Die Keilhauenarbeit** Zur Herstellung rinnförmiger Vertiefungen, von Kerben und Schlitzen in weichem und mildem Gestein, zum Auflockern und Lostrennen der Massen benutzt man die Platt-, Keil- oder Spitzhaue, den Schrämhammer und Schrämspiess. Fetter, theilweise erhärteter Lehm und Thon, Schotter, nicht zu nasser Thonboden werden mit der Platt- oder Breithacke (Fig. 4) gelöst, Bergschutt, grober Schotter, Steingerölle, erhärtete Lehmerde, feuchte Thonerde mit der Kreuz- oder Keilhaue (Fig. 5) gelockert, dieselben Bodenarten und feinzerklüftetes, verwittertes Gestein mit der Spitzhaue abgetrennt. Figur 6 stellt eine Spitzhaue mit abnehmbarem Blatt dar; der Theil *A B C D* sitzt fest auf dem Stiel, das Blatt ist mit einem Zapfen eingeschoben und hinten mit einem Keil fest angeschlossen. Die Schlitze und Einkerbungen (der sogenannten Schram an der Sohle der Wand oder in einer gewissen Höhe derselben und die Seitenschlitze) werden in festerem Gestein mit dem Schrämhammer (Fig. 7) hergestellt, während das Abstossen und Lostrennen von Wänden u. s. w. mittelst des gewöhnlichen Schrämspiesses (Fig. 8), das Ausstechen von weicher Masse zwischen festem Gestein mittelst des lanzettförmig endigenden Schrämspiesses (Fig. 9) ausgeführt wird.

3. **Die Schlägel- und Eisenarbeit.** Sie wird angewendet zur Herstellung der oftmals sehr tiefen Schräme und Schlitze in weicheren Kalk- und Sandsteinen, Kupferschiefer, festem Gyps, Schieferthon, verwittertem und weichem Granit, Gneis, Porphyr, Thonstein und manchen Thonschiefergesteinen, ferner zum streifenweisen Absprengen dieser Gesteinsmassen, zum Glätten und Wegspitzen der Quader u. s. w. Man verwendet hierbei als Gezähe das Eisen- oder Bergeisen (Fig. 10), welches mit dem Schlägel oder Fäustel (Fig. 11) eingetrieben wird, in neuerer Zeit aber auch Schräm- und Schlitzmaschinen mit schneidendem oder hauendem Arbeitszeuge u. s. w. (Vergl. 7.)

4. **Die Hereintreibearbeit.** Sie umfasst das Abbrechen, Zertrümmern und Spalten (Sprengen) der Gesteinsmassen.

bis zur vollständigen Tränkung begiesst, durch Ansatz von Schrauben, indem man in die Bohrlöcher Holzcylinder einsetzt, welche in der Mitte durchbohrt sind, und in diese Löcher kegelförmige Stahlschrauben mit Hilfe eines langen Hebels einschraubt, wodurch ein Absprengen der Felsstücke bewirkt wird, durch Eintreiben von sogenannten Fimmeln (Fig. 16), durch Aufhieb mit der Spitzhaue u. s. w. (Vergl. 7.)

5. Die Arbeit mit Feuersetzen u. s. w. Bei sehr festem, grossen Zusammenhang und wenig Zerklüftungen besitzendem Gestein, das beim Sprengen in kurze Stücke zerspringt und dem Eindringen scharfer Werkzeuge einen sehr grossen Widerstand entgegensetzt, wie z. B. Quarz, fester Granit, Syenit, Basalt, Grünstein u. s. w., lässt sich die Arbeit mit Feuersetzen empfehlen, besonders aber beim Niederbringen überhängender Felsmassen. Sie besitzt den Nachtheil, dass sie die Festigkeit des Gesteins wesentlich vermindert. Durch das Erhitzen, das durch einen Gebläseapparat noch bedeutend gesteigert werden kann, werden in dem Gestein nach einer Seite hin ungleiche Spannungen erzeugt und das in den Zwischenräumen etwa vorhandene Wasser verdampft, wodurch das Felsstück schliesslich zerspringt. Zur Erhöhung und Beschleunigung der Rissebildung wird der erhitzte Fels gewöhnlich durch kräftige Hammerschläge, durch plötzliche Abkühlung mittelst Zuführung von kaltem Wasser und durch Brechstangen gelockert. Soll das Absprengen zur Gewinnung regelmässig gestalteter Blöcke nach einer bestimmten Linie erfolgen, so schnellt man nach dieser eine nasse Bogensehne.

Auch das Absprengen mittelst Kalk wird hie und da angewendet. Wird gebrannter Kalk mit Wasser begossen, so dehnt er sich unter lebhafter Entwicklung von Dampf aus, welcher eine bedeutende Spannung besitzt. Diese Kräfte genügen, um selbst den festesten Fels auseinanderzusprengen. Nach dem Verfahren von Smith und Moore wird der gebrannte Kalk in Stangenform gepresst, in einen Leinwandbeutel eingeschlossen und dieser in das entsprechend weite Bohrloch, das später durch eingestampften Lehm geschlossen wird, eingeschoben. Durch eine enge, zum Theil im Kalk sitzende und aus der Bohrlochmündung noch ein Stück herausragende, mit einem Längenschlitze und zahlreichen Löchern versehene Schmiedeisenröhre wird das Wasser an den Kalk geleitet. Dieses Verfahren ist billig, gefahrlos und zu jeder Jahreszeit anwendbar.

Für Sprengungen im Winter (bei Frostwetter) empfiehlt es sich auch, in künstlich hergestellte Löcher oder in die natürlichen Risse und Klüfte Wasser einzugiessen oder Schnee einzustampfen, welche beim Gefrieren ihr Volumen um etwa $^1/_{11}$ vergrössern und hierbei nach Braun eine mechanische Arbeit von 33·68 Meterkilogramm verrichten.

6. Die Sprengarbeit, Bohr- und Schiessarbeit. Sollen Felsmassen durch Sprengstoffe z. B. durch Pulver, Dynamit Sprenggelatine, Dualin u. s. w. gelöst werden, so werden zunächst mittelst Meissel-, Kronen-, Stern- oder Kreuz- und Stossbohrer (Figuren 17—21) oder Bohrmaschinen Löcher und zwar im zähen Gestein weite, im spröden enge von entsprechender Tiefe und in entsprechender Entfernung und Stellung (Neigung) in das Gestein eingetrieben und es wird in diese Bohrlöcher die Ladung nebst Zündpatrone eingesetzt, die im Durchschnitt ein Drittel der Bohrlochtiefe ausfüllt. Hierauf werden die Bohrlöcher verdämmt d. h. bis zur halben Höhe mit feinem

Sand, Bohrmehl u. dergl. (sogenannter loser Besatz), darüber bis zur Bohrlochmündung durch eingestampften Lehm (fester Besatz) geschlossen und aussen mit nasser Lette (unreinem Thon) überdeckt. Durch einen feinen, mittelst der sogenannten Räumnadel beim Einbringen des Besatzes herzustellenden, bis zur Mitte der Zündpatrone reichenden Canal wird ein mit feinem Pulver gefülltes Schilfröhrchen oder ein Zündfaden (am besten der Bickford'sche) oder bei Zündung mittelst des elektrischen Funkens ein Funken- oder Spaltzünder (bei hohen Spannungen) oder ein Glühdrahtzünder (bei schwachen Spannungen) in den Sprengstoff eingeführt. Durch die bei der Explosion des Sprengstoffes entstehenden Gase wird das Gestein zertrümmert. Zur elektrischen Zündung benützt man in der Regel den Siemens'schen Magnetinductor oder den ihm ähnlichen Markus'schen Minenzünder oder eine Elektrisirmaschine. Die elektrische Zündung gewährt den Vortheil, dass man die Explosion aus beliebiger Entfernung und in einem beliebigen Zeitpunkt sicher bewirken und bei Anlage von Minen (statt der Bohrlöcher) und geschickter Verbindung, sowie gleichzeitiger Entzündung und Explosion derselben bedeutende Felsmassen in kürzester Zeit niederbringen kann.

7. **Die Maschinenarbeit.** In neuerer Zeit ist auf einzelnen, namentlich amerikanischen Steinbrüchen die Herstellung von Schrämen und Schlitzen, die Abtrennung von Blöcken, ja sogar das Herausschneiden von Quadern und keilförmigen Steinen aus der Gebirgsmasse durch Maschinenarbeit versucht worden. Man hat hierzu Maschinen benützt, die entweder eine Nachahmung des Meissels oder der Keilhaue bilden oder deren Construction auf dem Principe der Kreissäge beruht. Von den ersteren, mit schneidendem Arbeitszeuge, d. h. mit einem System von Meisseln ausgestatteten Maschinen sind die von Wardwell, Corrett Marshall & Comp., Gillot und Copley, Rothery, Frederic Hurd & Comp., Gledhill u. A. mit mehr oder weniger Erfolg verwendet worden, von den Maschinen mit hauendem, keilhauenartigem Arbeitszeuge besonders die von Firth und Douisthorpe und Grafton Jones, von denen des dritten Systems mit Scheiben, welche an

Die Kosten des Steinbrechens hängen ab von der Härte und Zähigkeit des Gesteins, von seinen Schichtungsverhältnissen, von der Grösse seiner Abgänge u. s. w. Das Brechen von 1 m^3 Bruchsteine und Quader erfordert nach Professor Sapper*) in Stuttgart die in nachstehender Tabelle verzeichneten Tagesschichten.

Gesteinsart	Für 1 m^3	Brechen	Bossieren	Aufsetzen in Haufen, bezw. Aufladen	Beseitigen des Bruchschuttes	Kosten der Sprengstoffe	Kosten für Werkzeuge und Aufsicht	Gesammtkosten	Bemerkungen
1. Für **weiches** Gestein, das grösstentheils mit der Spitzhaue und dem Brecheisen gewonnen werden kann, wie z. B. weiche Sandsteine, weiche Kalksteine, Thonschiefer u. s. w.	Bruchstein	0·75 *t*	0·15 *t*	0·05 *t*	0·12 *t*	0·06 *t*	0·17 *t*	1·3 *t*	Die Kosten der Sprengstoffe wurden in einen Durchschnitts-Tagelohn von 3 Mark umgerechnet.
	Quader	2—3 *t*	1·0 *t*	0·20 *t*	0·12 *t*	—	0·60 *t*	3·0—4·92 *t*	
2. Für **mittelhartes** Gestein, das theilweise mit Pulver und Dynamit zu lösen ist, wie z. B. harter Sandstein, fester Kalkstein, Marmor, mittelfester Granit und Gneis u. s. w.	Bruchstein	1·2—1·35 *t*	0·16 *t*	0·05 *t*	0·12 *t*	0·09 *t*	0·26 *t*	1·88—2·03 *t*	
	Quader	4·5 *t*	1·3 *t*	0·25 *t*	0·12 *t*	—	0·87 *t*	7·05 *t*	
3. Für **sehr hartes** Gestein, wie Granit, Basalt, Diorit, Porphyr u. s. w.	Bruchstein	1·65—2·10 t	0·19 *t*	0·05 *t*	0·12 *t*	0·10 *t*	0·38 *t*	2·49—2·94 *t*	
	Quader	bis 9·9 *t*	1·9 *t*	0·31 *t*	0·12 *t*	—	bis 1·77 *t*	bis 14·0 *t*	

Zu dieser Tabelle bemerkt Professor Sapper noch Folgendes:

»Bei Feststellung des Preises ist auf die Güte der Steine und namentlich auch auf deren Form, sowie darauf Rücksicht zu nehmen, ob solche auf allen Seiten bearbeitet werden sollen oder nicht.

Wird der Preis von 1 m^3 Hausteine kleineren Inhaltes (0·1—0·5 m^3) z. B. = 1·0 gesetzt, so kann man den Preis für Steine von 0·5—1·25 m^3 Inhalt = 1·25, für Steine von 1.25—2·25 m^3 = 1·50, für Steine von 2·25 bis 3 m^3 = 2·00 annehmen.

Für das Aufladen der Quader kann man durchschnittlich 0·25 *t*, der Bruchsteine 0·166 *t* in Rechnung setzen.

Die allgemeinen Unkosten müssen stets für den einzelnen Fall berechnet werden. Sind Zufuhrwege vorhanden, oder liegt der Bruch an einer öffent-

*) Siehe **Rheinhard's** Ingenieur-Kalender für Strassen-, Wasserbau- und Cultur-Ingenieure, 1890. Seite 51.

lichen Strasse, so verringern sich die Unkosten, umgekehrt vermehren sich dieselben, wenn Strassenbauten, besondere Ladevorrichtungen, Gerüste, Krahnen nothwendig werden. Ist man ohne besondere Anhaltspunkte, so kann man die allgemeinen Unkosten gleich der Hälfte der Kosten für das Abräumen in Rechnung stellen.«

F. Die Prüfung der natürlichen Gesteine.

§ 65. Einleitung.

Die Prüfung der natürlichen Gesteine erstreckt sich je nach der Art der Verwendung und der demgemäss an die Steine zu stellenden Anforderungen auf die Festigkeit d. h. den Widerstand, den die Gesteine der gewaltsamen Trennung ihrer Theile entgegensetzen, auf die Dauerhaftigkeit (Frostbeständigkeit), Formbarkeit und Politurfähigkeit, Luftdurchlässigkeit, Wärmeleitungsfähigkeit, Bruchfeuchtigkeit (Trockenheitszustand) und Feuerbeständigkeit, wenn es sich aber um eine Erkennung oder Unterscheidung der Steine handelt, auf die chemisch-mineralogische Zusammensetzung, Härte, Durchsichtigkeit, Glanz und Farbe, Structur, auf das specifische Gewicht u. s. w.

Von diesen Eigenschaften haben wir einige bereits in den Paragraphen 4—14 und 17, sowie bei den einzelnen Gesteinsarten besprochen, über die Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Frostbeständigkeit, Formbarkeit, Politurfähigkeit und Feuerbeständigkeit müssen wir jedoch in diesem Abschnitte noch das für den Techniker Wissenswertheste mittheilen.

§ 66. Die Druck-, Zug-, Schub- und Biegungsfestigkeit.

Die Festigkeit der Gesteine ist abhängig von der mineralogischen Zusammensetzung, von dem Bindemittel, von der Gleichartigkeit der Gesteinsmasse und von der Porosität, unabhängig jedoch von dem specifischen

fläche den grössten Widerstand dem Zerdrücken entgegensetzen, solche mit quadratischer weniger widerstandsfähig sind und Steine mit rechteckiger Grundfläche (bei gleicher Grösse der gedrückten Flächen) am leichtesten zerdrückt werden, und dass sich die Widerstände beim Kreis, Quadrat und Rechteck zu einander verhalten wie 917 zu 806 zu 703.

Weiter ist die Festigkeit abhängig von der Art und Weise der Bearbeitung der Steine. Erfahrungsgemäss besitzen roh behauene Bruchsteine eine geringere Druckfestigkeit als sauber bearbeitete oder geschliffene von gleichem Querschnitte und gleichem cubischen Inhalte. Auch die Verwendungsart beeinflusst die Festigkeit in hohem Grade, denn Steine, die auf ihr natürliches Lager d. h. so verlegt werden, wie sie im Steinbruche lagen, können einen grösseren Druck ertragen als solche, bei denen der Druck parallel zum natürlichen Lager wirkt.

Die Prüfung auf Festigkeit erfolgt an Probekörpern, deren Gestalt, Grösse und Anzahl von den staatlichen Prüfungsanstalten für Baustoffe (in Charlottenburg, Chemnitz, Dresden, München, Petersburg, Prag, Stuttgart, Wien, Zürich u. s. w.) vorgeschrieben sind, mit Hilfe von Festigkeitsmaschinen der verschiedensten Construction. Zur Prüfung auf Druckfestigkeit benützt man in neuester Zeit fast nur noch hydraulische Pressen. Eine weite Verbreitung haben die von der Maschinenfabrik von Brinck und Hübner in Mannheim gebauten Pressen gefunden, welche für einen Druck von 10.000, 60.000, 100.000 und 150.000 *kg* construirt werden. (Siehe Figur 392 und 393 im § 221.) Die Prüfung auf Druck (Zerknicken), Zug, Biegung, Schub und Verdrehung wird auf vielen Prüfungsanstalten mittelst der, von der Maschinenbau-Actiengesellschaft Nürnberg (vormals Klett & Comp.) gebauten Werder'schen Universal-Festigkeitsmaschine bewirkt, welche im Wesentlichen aus einer hydraulischen Presse besteht, die einen Druck von 100.000 *kg* auszuüben vermag. (Eine ausführlichere Beschreibung und Abbildungen von dieser Maschine findet man in dem Werke des Verfassers »Die natürlichen Gesteine«, Bd. II, S. 90—105.)

Auf die Ergebnisse der Prüfung ist nicht nur die Construction der Festigkeitsmaschinen von grossem Einflusse, sondern auch die Art der Auflagerung der Probesteine in den Maschinen und die Art der Ausführung der Untersuchung, ob z. B. die Zunahme des Druckes vollständig gleichmässig oder nur ruckweise erfolgt, ob der Druck senkrecht oder parallel der Lagerfläche gerichtet ist u. s. w. Die von verschiedenen Beobachtern mit verschiedenen Festigkeitsmaschinen an verschieden gestalteten und beschaffenen Probesteinen ermittelten Festigkeitscoëfficienten müssen naturgemäss ganz bedeutend von einander abweichen und es werden die aus den Prüfungen sich ergebenden Zahlen erst dann für die Technik von grossem Werthe und mit einander vergleichbar sein, wenn für alle Steinuntersuchungen auf allen Prüfungsstationen genau die gleiche Grösse, Gestalt und Bearbeitung der Probestücke verlangt und Maschinen gleicher Construction benutzt werden, und wenn die Ausführung der Prüfung in der gleichen Weise erfolgt. Es ist anzuerkennen, dass die staatlichen Prüfungsanstalten in neuester Zeit eine Verständigung hierüber angebahnt haben. Dann wird es möglich sein, für die einzelnen Gesteinsarten zuverlässige Mittelwerthe anzugeben, aber auch nur solche, weil selbst bei einem Gestein aus demselben Bruche die Mineralien in Grösse, Menge, Beschaffenheit, Anordnung u. s. w. variiren und sich die Porositätsverhältnisse schon auf geringe Entfernungen ändern können.

A. Druckfestigkeit. Durch den Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine ist die nachfolgende Classification der natürlichen Gesteine aufgestellt worden. Die für jede Qualitätsclasse angegebenen Zahlen sind Minimal-Druckfestigkeits-Coëfficienten.

1. Versteinerungslose Felsarten: Granit, Diorit, Grünstein, Syenit, Syenit-Granit, Glimmerschiefer u. s. w.

I. Qualität.	Mit dem Meissel schwer oder nicht bearbeitbar; nur für Strassenpflasterungen geignet	= 1600 *kg* f. d. *cm*²
II. »	Ziemlich schwer bearbeitbar, aber doch schon zu Säulen u. s. w. verwendbar	= 1200 » » »
III. »	Gut bearbeitbar und vorzüglich zu Haustein-Mauerwerk geeignet	= 1000 » » »
IV. »	Für geringere Sorten Bausteine	= 800 » » »

2. *Kalksteine*, als: Marmor, Dolomit, Muschelkalk, Nummuliten-Kalk u. s. w.

I. Qualität.	Bei den älteren Muschelkalken, die sehr schwer zu bearbeiten und daher hauptsächlich nur zu Strassenschotter zu verwenden sind, steigt die Druckfestigkeit bis 1600 *kg* für das Quadratcentimeter und darüber, als Minimaldruckfestigkeit ist anzunehmen	= 1000 *kg* f. d. *cm*²
II. »		= 800 » » »
III. »	Weichere Kalksteine jüngerer und jüngster Formation, die zum Theil noch recht gute Bausteine geben, aber wegen der vorkommenden meist sehr grossen Unterschiede in Festigkeit und Beständigkeit mit Vorsicht auszuwählen und sorgfältig zu prüfen sind	= 500 » » »

3. *Sandsteine.*

In der auf Seite 84 abgedruckten Tabelle sind die Minimal-, Maximal- und Mittelwerthe der Druckfestigkeit der wichtigsten natürlichen Gesteine aufgeführt und bei Zusammenstellung derselben (und der unten folgenden Festigkeitstabellen) alle Prüfungsergebnisse berücksichtigt worden, die dem Verfasser dieses Werkes aus den Mittheilungen der verschiedenen staatlichen und privaten Prüfungsanstalten, aus Aufsätzen in technischen Zeitschriften, aus Werken über Baustoffe u. s. w. bekannt oder von ihm selbst ermittelt worden sind. Die in Spalte III aufgeführten Mittelwerthe stellen nicht das arithmetische Mittel aus dem Minimal- und Maximalwerth, sondern das abgerundete Mittel aus allen veröffentlichten Festigkeitscoëfficienten dar.

Nach den »Mittheilungen der Kgl. techn. Versuchsanstalt zu Charlottenburg« (Jahrgang 1897, Heft 1) sind die mittleren Druckfestigkeiten aus den von 1884—1895 in vollständiger Form ausgeführten Festigkeitsprüfungen der wichtigsten Bausteine und der Einfluss des aufgenommenen Wassers und einmaligen Gefrierens auf die Festigkeit der Steine in folgender Tabelle zusammengestellt.

Gesteinsart	Anzahl der Versuche	Mittlere Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter Querschnittsfläche in *kg*			
		lufttrocken	wassersatt	nach einmaliger Frostbeanspruchung	
				an der Luft	unter Wasser
1. Granit	5530	2206	2078	2037	2037
2. Hornblendegesteine und Ophiolithe (Grünstein, Diabas, Diorit)	320	2757	2640	2566	2553
3. Porphyre	1000	2631	2519	2491	2488
4. Augitgesteine (Basalt)	680	3616	3513	3478	3458
5. Kalkstein (Marmor)	800	1028	972	955	932
6. Sandsteine	3960	922	850	826	825
7. Grauwacke	600	2393	2301	2202	2148

Nach dieser Tabelle werden im Allgemeinen durch Wasser Sandsteine, Granite und Kalksteine, durch Frost Sandsteine, Grauwacke und Kalksteine, wie es scheint, am ungünstigsten in ihren Festigkeiten beeinflusst. (Siehe auch: »Schweizer Bauzeitung« vom 21. August 1897.)

Die für die Praxis zulässige Inanspruchnahme der Gesteine auf Druck soll sicherheitshalber betragen:

bei definitiven Constructionen unter den günstigsten Umständen etwa $^1/_{10}$;

bei Constructionen, die geringen Erschütterungen ausgesetzt sind, etwa $^1/_{20}$;

bei solchen, die starke Erschütterungen zu erleiden haben und bei dünnen Pfeilern und Säulen etwa $^1/_{40}$ von den in nachstehender Tabelle angeführten Mittelwerthen.

Die Bauabtheilung des Berliner Polizei-Präsidiums schreibt als zulässige Druckbeanspruchung für 1 *cm*² vor beim:

Basalt = 75 *kg*, Granit = 45 *kg*, Muschelkalkstein = 25 *kg*, rothen Sandstein = 15 *kg*, hellen Sandstein = 30 *kg*, Tuffstein = 6 *kg* und Marmor = 24 *kg*.

Druckfestigkeit in Kilogramm für 1 cm^2 Querschnittsfläche.

Gesteinsart	I Kleinster Werth	II Grösster Werth	III Mittelwerth
A. Einfache krystallinische Gesteine.			
Quarzit (Quarzfels)	665	1772	1300
Gyps	50	70	60
Körnig-krystallinischer Kalk (Marmor)	440	1125	650
Muschelkalk	412	1600	700
Liaskalk	600	1200	900
Kohlenkalk	—	—	450
Deutscher Oolithkalk	270	1368	820
Französischer Oolithkalk	—	—	350
Rogenstein	300	400	350
Jurakalk	624	986	800
Grobkalk	65	1115	590
Dolomit	450	1300	870
Hornblendeschiefer	—	—	740
Serpentin	—	—	840
B. Gemengte krystallinische Gesteine.			
Granit	460	2348	1600
Felsitporphyr (Quarzporphyr)	525	2700	1670
Syenit	773	1880	1300
Diorit	733	2780	2000
Diabas	—	2757	1900
Melaphyr	628	1760	1200
Gabbro	690	2356	1940
Gneis	870	2600	1700
Glimmerschiefer	780	1040	910
Trachyt	380	1542	1300
Bimsstein	—	—	42
Dolerit	343	1282	813
Basalt	1000	3700	2350
Lava	160	670	500

Beträgt die Höhe einer Steinsäule oder eines Steinpfeilers weniger als das zwölffache der kleinsten Querschnittsfläche, so kann man 1 *cm*², ohne dass die Gefahr des Zerdrückens eintritt, belasten beim:

Basalt mit 200 *kg*, harten Granit mit 70 *kg*, gewöhnlichen Granit mit 40 *kg*, harten Marmor mit 100 *kg*, weissen und geaderten Marmor mit 30 *kg*, harten Sandstein mit 90 *kg*, weichen Sandstein mit 40 *kg*, sehr harten Kalkstein mit 50 *kg*, gewöhnlichen Kalkstein mit 30 *kg* und Alabaster mit 6 *kg*.

B. Zugfestigkeit.

Im Baufache sucht man eine Beanspruchung der natürlichen Steine auf Zugfestigkeit möglichst zu vermeiden, weil die Zugfestigkeit durchweg eine geringe (im Vergleich zur Druckfestigkeit) ist. Man verwendet deshalb die Steine möglichst so, dass sie nur einer pressenden oder biegenden, auch wohl abscheerenden Kraft widerstehen müssen. Ueber die Zugfestigkeit liegen nur wenig Prüfungsergebnisse vor, welche weiter unten zusammengestellt sind.

Das Verhältniss zwischen der Druckfestigkeit und der Zugfestigkeit wächst im Allgemeinen mit Zunahme der Sprödigkeit und mit Abnahme der Zähigkeit des Gesteins; zähe Steine besitzen eine grössere Zugfestigkeit als spröde. Aber auch der Trockenheitszustand ist hierbei von grossem Einfluss, denn nasse Steine haben stets eine geringere Zugfestigkeit als trockene. Besitzen Gesteine ein Bindemittel, welches im Wasser erweicht, so können sie in der Nässe ihren Zusammenhang ganz verlieren. (Vergl. § 69.)

Die von dem Verfasser des Werkes mittelst des Dr. Michaelis'schen Zugfestigkeitsapparates festgesetzten Zugfestigkeitscoëfficienten für einige Sandsteinarten sind in nachfolgender Tabelle mitgetheilt. Es sei bemerkt, dass die wassergesättigten Probesteine 8 Tage lang unter Wasser gelegen hatten, während die trockenen nur an der Luft (in einem ungeheizten Vor saal) aufbewahrt waren.

	lufttrocken	wassersatt
Rother Miltenberger (Main-) Sandstein	27 *kg*	9 *kg* f. d. *cm*²
Oberkirchener (Weser-) Sandstein	25 »	22·5 » » »
Rehburger Sandstein	37·5 »	34 » » »
Kottaer Sandstein	28 »	7·5 » » »
Portaer (Weser-) Sandstein	19 »	7·5 » » »

(Eine wassersatte Probe des Kottaer Sandsteins zerriss bereits im Apparate, als eben mit dem Einschütten der Schrotkörner begonnen war.)

Nach der auf Seite 86 abgedruckten Tabelle schwankt das Verhältniss der Zug- zur Druckfestigkeit zwischen $^1/_{12}$ und $^1/_{53}$, wenn man vom Grauwacken- und Keupersandstein ganz absieht, deren Festigkeitscoëfficienten offenbar aus nassen Proben bestimmt wurden, während zu den übrigen Untersuchungen lufttrockene Steine Verwendung fanden. Als Mittelwerth kann $^1/_{30}$ angenommen werden (Bauschinger fand = $^1/_{26}$). Die für die Praxis zulässige Inanspruchnahme darf $^1/_{10}$ des Mittelwerthes nicht überschreiten.

C. Biegungsfestigkeit.

Auf Biegungs- oder Bruchfestigkeit werden freitragende Treppenstufen, Werkstücke über Oeffnungen, Balcon- und Podestplatten, Consolsteine u. s. w. beansprucht. Die Grösse derselben und ihr Verhältniss zur Druckfestigkeit ist in der auf Seite 86 abgedruckten Tabelle für einige Gesteine angegeben.

Zugfestigkeit in Kilogramm für 1 cm^2 Querschnittsfläche.

Gesteinsart	Kleinster Werth	Grösster Werth	Mittelwerth	Verhältniss der Zug- zur Druckfestigkeit (abgerundet)
Granit	19	45	30	$\frac{30}{1600} = \frac{1}{53}$
Diorit und Diabas	—	—	50	$\frac{50}{1900} — \frac{50}{2000} = \frac{1}{38} — \frac{1}{40}$
Dolomit	10	36	20	$\frac{20}{870} = \frac{1}{44}$
Grauwackensandstein	—	—	14	$\frac{14}{1800} = \frac{1}{129}$ (?)
Keupersandstein	4	6 (?)	5 (?)	$\frac{5}{650} = \frac{1}{130}$ (?)
Buntsandstein	16	37·5	22	$\frac{22}{630} = \frac{1}{29}$
Grünsandstein	12·5	17	15	$\frac{15}{495} = \frac{1}{33}$
Marmor (Carrara)	—	—	56	$\frac{56}{650} = \frac{1}{12}$
Muschelkalk	—	—	27	$\frac{27}{700} = \frac{1}{26}$
Dichte Kalksteine	40	100	70	$\frac{70}{900} = \frac{1}{13}$

Biegungs- oder Bruchfestigkeit in Kilogramm für 1 cm^2 Querschnittsfläche.

Gesteinsart	Kleinster Werth	Grösster Werth	Mittelwerth	Verhältniss der Biegungs- zur Druckfestigkeit (abgerundet)
Granit	76	210	140	$\frac{140}{1600} = \frac{1}{12}$
Trachyt	—	—	118	$\frac{118}{1300} = \frac{1}{11}$
Basalt	130	294	200	$\frac{200}{2350} = \frac{1}{12}$

D. Schub- oder Scheerfestigkeit.

Auf diese Festigkeit werden z. B. wenig ausladende Consolsteine berechnet. In nachfolgender Tabelle sind die Festigkeitscoëfficienten der Hauptgesteine zusammengestellt.

Schub- oder Scheerfestigkeit in Kilogrammen für 1 cm^2 Querschnittsfläche.

Gesteinsart	Kleinster Werth	Grösster Werth	Mittelwerth	Verhältniss der Schub- z. Druckfestigkeit (abgerundet)
Granit	28	127	80	$\frac{80}{1600} = \frac{1}{20}$
Grünstein (Diorit)	—	—	94	$\frac{94}{2000} = \frac{1}{22}$
Syenit	—	—	165	$\frac{165}{1300} = \frac{1}{8}$
Trachyt	—	—	28	$\frac{28}{1300} = \frac{1}{47}$
Muschelkalk	47	65	60	$\frac{60}{700} = \frac{1}{12}$
Jurakalk	67	100	80	$\frac{80}{800} = \frac{1}{10}$
Körniger Kalk (Marmor)	—	—	62	$\frac{62}{650} = \frac{1}{11}$
Dolomit	48	90	75	$\frac{75}{870} = \frac{1}{12}$
Grauwackensandstein	—	—	102	$\frac{102}{1800} = \frac{1}{18}$
Buntsandstein	11	100	50	$\frac{50}{650} = \frac{1}{13}$
Keupersandstein	13	75	40	$\frac{40}{660} = \frac{1}{17}$
Grünsandstein	17	32	25	$\frac{25}{495} = \frac{1}{20}$
Molassesandstein	20	150	80	$\frac{80}{990} = \frac{1}{13}$
Kalktuff	30	36	33	$\frac{33}{300} = \frac{1}{9}$

Das Verhältniss der Schub- zur Druckfestigkeit schwankt demnach zwischen $^1/_8$ und $^1/_{47}$ und kann im Durchschnitt zu etwa $^1/_{16}$ angenommen werden (Bauschinger fand als Mittelwerth ca. $^1/_{14}$). Bei praktischen Berechnungen darf auch hier höchstens nur $^1/_{10}$ des Mittelwerthes gewählt werden.

§ 67. Die Formbarkeit.

Die Formbarkeit der Bausteine hängt ab von der Härte und Festigkeit, der Zähigkeit und Sprödigkeit, der Porosität und Structur. Um ein Vergleichsmass zu erhalten, werden die Steine mittelst eines Fallapparates oder einer Drehbohrmaschine auf Bohrfestigkeit untersucht, oder es werden ihre Flächen und Kanten probeweise bearbeitet und der Zeit- und Arbeitsaufwand für 1 m^2 Fläche oder 1 m Kante (Profil u. s. w.) bestimmt. Die Formbarkeit ist im Allgemeinen eine

leichte: beim echten Marmor, Alabaster, frischgebrochenen Serpentin, bruchfeuchten Sand- und Kalkstein;

mittelschwere: bei porösen Gesteinen, besonders solchen mit kleinen Poren, also bei den meisten lufttrockenen Kalk- und Sandsteinen, auch bei

einigen Tuffen (z. B. beim Karlsbader Sprudelstein und Bimssteintuff), bis zu einem gewissen Grade auch bei spröden Gesteinen, weil sich von ihnen durch Schlag und Stoss grössere Stücke abtrennen lassen;

schwere: bei zähen, harten und dichten Gesteinen, z. B. bei den feinkörnigen und regelmässig mittelkörnigen granitischen und einigen porphyrischen Gesteinen, beim Syenit mit parallel gelagerten Orthoklaskrystallen u. s. w.;

sehr schwere: bei allen Gesteinen von bedeutender Härte, Zähigkeit und Festigkeit z. B. bei den Hornblendegesteinen, bei der Grauwacke, beim Basalt, Diorit, Quarzfels, Eklogit, Syenit mit parallel gelagerten Hornblendesäulen u. s. w. Diese Felsarten lassen sich häufig nur schneiden und drechseln oder können überhaupt nicht mehr bearbeitet werden, so dass man sie nur zu Bruchsteinmauerwerk und Schotterstrassen benutzen kann.

Eine beliebige Formgebung gestatten die massigen und körnigen Silicatgesteine und die mächtigen Schichtgesteine, falls ihre Härte und Zähigkeit nicht zu gross sind, während Quader sich auch aus schiefrigen Silicatgesteinen (z. B. quarzreichem Glimmerschiefer) herstellen lassen, doch ist ihre Höhe durch die Höhe der Schichtung begrenzt.

Dünngeschichtete, blätterig-schiefrige Gesteine (z. B. Thonschiefer) sind nur nach den Spaltungsrichtungen theilbar und eignen sich deshalb nur zur Herstellung von Platten; Gesteine mit linearer Parallelstructur (z. B. manche Granite, Granulite, Syenite und Gneisarten) können nach dem Hauptbruche und Querbruche leicht gespalten werden, nach dem Längsbruche jedoch nicht.

Für feine Profilirungen und Ornamente eignen sich nur feinkörnige Gesteine von sehr gleichmässiger Beschaffenheit, für eine derbe, massige Wirkung hauptsächlich grobkörnige. Eine feine Profilirung gestatten die meisten Sandsteinarten, Marmor und einige krystallinisch-körnige Kalksteine, auch Alabaster; grobe und einfache Profile müssen bei porösen Steinen und allen sehr schwer zu bearbeitenden Gesteinen, wie z. B. Granit und Syenit angewendet werden zur Verhütung eines Abspringens der Kanten. Basalt lässt sich zu profilirten Arbeiten überhaupt nicht benutzen, weil er zu hart ist und muschelig bricht.

Glanz: es glänzen die härteren, schwerer polirbaren Bestandtheile stärker als die weicheren, leichter zu polirenden.

Die Prüfung auf Politurfähigkeit kann nur durch Probiren nach vorangegangenem Abschleifen erfolgen.

Politurfähige Gesteine sind: alle Marmorarten, feinkörniger und dichter Kalkstein, weisser krystallinisch-körniger Dolomit, Syenit, nichtverwitterter Porphyr, Serpentin, Alabaster, Eklogit, Diorit, nicht bruchfeuchter Granulit, dichte Lava, Pechstein, zum Theil auch Travertin (z. B. der Almaser Stein), nichtverwitterter Granit, Gabbro, Diabas (nimmt nur schwer Politur an) und einige Breccien.

Durch die Politur wird sowohl das Gefüge als auch die Farbenschönheit des Gesteins zur vollen Wirkung gebracht und häufig die Dauerhaftigkeit nicht unwesentlich erhöht.

§ 69. Die Bruchfeuchtigkeit und Frostbeständigkeit.

Die Bruch- oder Bergfeuchtigkeit ist häufig auf die Formarbeit, Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Bausteine von nicht zu unterschätzendem Einflusse. Bruchfeuchte Steine, insbesondere frischgebrochene poröse Sand- und Kalksteine, sind oftmals so weich, dass man sie sehr leicht bearbeiten kann. Mit zunehmender Trockenheit werden alle Gesteine in mehr oder weniger hohem Grade härter und dadurch schwieriger bearbeitbar; sie gewinnen an Festigkeit und verringern ihr Volumen. In wassersattem Zustande büssen die Steine an Festigkeit ein und zwar beträgt die Festigkeitsverminderung bei absolut frostbeständigen Gesteinen nur wenige Procente, während sie bei solchen, die leicht vom Frost zerstört werden, recht bedeutend ist. Nach den »Mittheilungen über die Wegbaumaterialien der Provinz Hannover« (Hannover 1884) verlieren in wassersattem Zustande: Basalt 2%, Grauwacke 4%, Quarzite 2%, krystallinische Kalke 6%, Sandsteine bester Sorte 3%, Granite 8%, Grünstein 10%, klastische Gesteine mit mergeligem oder erdigem Kalkbindemittel (z. B. manche Sandsteine und Oolithe) 50—60% der Trockenfestigkeit. (Vergl. auch § 66, Zugfestigkeit.)

Aber auch die Dauerhaftigkeit wächst mit abnehmender Bruchfeuchtigkeit. Hierzu bemerkt Hauenschild (Baumaterialien, Theil I., S. 194) folgendes: »Die Erfahrung hat gelehrt, dass Sandsteine und poröse weiche Kalksteine, bruchfeucht vermauert, weit eher zu Grunde gehen, als vorher ausgetrocknete. Sie haben einen extremen Temperaturunterschied zwischen der Aussen- und Innenseite der Mauer, besonders bei rasch wechselndem Frost- und Thauwetter und damit eine beständige Spannung unter Wanderung des Porenwassers nach den unteren und äusseren Partien zu erleiden. Man sollte gebrochene Steine vor dem Versetzen öfter umkanten, um alle Flächen auszutrocknen, und könnte sie dann viel eher und sicherer verwenden.«

Sinkt die Temperatur unter 0°, so werden im Inneren des wassergetränkten Gesteines einmal durch die Zusammenziehung des Steines in Folge der Temperaturerniederung, sodann durch die Sprengkraft des gefrierenden und sich hierbei ausdehnenden Wassers und endlich auch dadurch, dass die sich bildenden Eiskrystalle die benachbarten Wassertropfen mit grosser Kraft an sich ziehen, Spannungen erzeugt, die neue Risse und Sprünge im Stein hervorrufen und vorhandene erweitern, wodurch endlich ein Zerfall des Steines herbeigeführt wird.

Man kann annehmen, dass im Allgemeinen frostbeständig sein werden:

stark poröse und weiche Steine, solche mit in ihrer Masse ziemlich gleich vertheilten Hohlräumen (z. B. Kalktuffe) und Steine mit grosser Zugfestigkeit;

dass dagegen wenig Frostbeständigkeit besitzen werden:

spröde Gesteine mit feinen Poren, namentlich, wenn die Poren nach einseitiger Hauptrichtung orientirt sind, weiche und wenig tragfähige Gesteine, welche mit schweren und grossen Werkzeugen bearbeitet wurden, so dass sie feine Risse erhielten und ihre dicht an der Oberfläche liegenden Partien gelitten haben, und Steine in wassersattem oder bereits »angefaultem« Zustande.

Auf der internationalen Conferenz zur Feststellung einheitlicher Untersuchungsmethoden bei der Prüfung von Baustoffen, wurde nach den Mittheilungen von Bauschinger (München 1893) folgendes Prüfungsverfahren auf Frostbeständigkeit angenommen, das bereits als amtliche. Norm mittelst Circular vom 26. Juni 1891 in Russland eingeführt worden ist.

Die Frostprobe besteht:

1. In der Ermittelung der Druckfestigkeit der mit destillirtem Wasser von 15—20° *C.* gesättigten Steine (von 7 *cm* Kantenlänge) und deren Vergleichung mit der Trockenfestigkeit;

2. in der Ermittlung der Druckfestigkeit der wieder getrockneten Steine nach 25maligem Gefrieren (4 Stunden lang bei—10° bis —15° *C.*) und Wiederaufthauen (in destillirtem Wasser von 15 bis 20° *C.*) und deren Vergleichung mit der Trockenfestigkeit;

3. in der Ermittelung des Gewichtsverlustes der 25mal gefrorenen Steine, wobei die durch das Gefrieren mechanisch abgetrennten und die in einer bestimmten Menge Wasser löslichen Bestandtheile zu berücksichtigen sind;

4. in der Besichtigung der gefrorenen Steine unter Zuhilfenahme der Lupe, wobei besonders zu beachten ist, ob Risse oder Absplitterungen eintreten.

in Manganoxyd u. s. w. und ruft hierdurch Farbenveränderungen hervor, welche zwar nicht immer mit einer wahrnehmbaren Zerstörung des Steines verknüpft sind, meistens jedoch den Beginn der Verwitterung anzeigen. Gesteine, welche Eisenoxyd, Magneteisenstein, Schwefelkies u. s. w. in grösseren Mengen besitzen, sind einer Verwitterung durch Einwirkung von Sauerstoff und Wasser besonders leicht unterworfen, weil sich das Volumen der veränderten Metallbestandtheile vergrössert und hierdurch der Zusammenhang in der Steinmasse aufgehoben wird. Solche Steine sind häufig schon an ihrer Farbe zu erkennen, denn die rothe Farbe weist oft auf das Vorhandensein von Eisenoxyd, die rothbraune auf Eisenoxydhydrat u. s. w. hin. Enthält ein Stein Eisen, so bildet sich auf seiner Oberfläche beim Beginn der Verwitterung eine, durch Eisenoxydhydrat hervorgerufene, dünne, ockerbraune, erdige Kruste, die leicht abblättert und später vom Regenwasser fortgespült wird. Hierdurch wird eine frische Fläche des Steines blossgelegt, die ebenfalls diesen Ueberzug erhält, und so setzt sich dies fort, bis endlich der ganze Stein zerfallen ist. Besitzt ein Stein Schwefelkies, d. h. Schwefeleisen, so wird das Metall zunächst durch den Sauerstoff der Luft in schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) umgewandelt, das durch weitere Oxydation in schwefelsaures Eisenoxyd übergeht, welches »ausblüht«, das Gestein mürbe macht und endlich zum Zerfall bringt. Auf dieselbe Weise entsteht das Ausblühen von Gyps, Bittersalz und Alaun. Reines Wasser löst Gyps, Steinsalz und Anhydrit unmittelbar auf und kann auch Kalksteine und Dolomite zerstören. Die mit dem Wasser verbundene und auch in der Luft vorkommende Kohlensäure wirkt noch schädlicher als der Sauerstoff auf die Gesteine ein. Kohlensäurehaltiges Wasser vermag Kalkstein und Dolomite allmälig gänzlich aufzulösen, aus Gesteinen mit kali- oder natronhaltigen Mineralien (z. B. Feldspath) nach und nach eine lösliche Verbindung von Alkali und Kieselerde auszuziehen und diese Gesteine endlich in eine weiche, thonige Masse (Kaolin) umzuwandeln, sowie Hornblende, Augit, Olivin und Leucit unter Abscheidung von Kieselsäure zu zersetzen. Gesteine, welche die vorgenannten Mineralien als Hauptbestandtheile besitzen, wie z. B. Granit, Felsit- und Leucitporphyr, Syenit, Diorit und Diabas, Basalt und Dolerit u. s. w. sind daher durch kohlensäurereiches Wasser leicht zu zerstören.

Auch das auf den festen Gesteinen sich entwickelnde, durch Staubablagerung begünstigte Pflanzenleben gefährdet den Stein. Die Wurzeln dringen selbst in die feinsten Ritzen ein, erweitern dieselben durch ihr Wachsthum und wirken wie ein Keil auseinandertreibend. Auch die von den Pflanzen ausgeschiedenen Humussäuren können verschiedene Bestandtheile der Gesteine (z. B. kohlensauren Kalk) zersetzen und auflösen.

Die Dauerhaftigkeit eines Bausteines hängt nicht nur von seiner chemisch-mineralogischen Zusammensetzung und von dem Trockenheitszustand (vergl. § 69) ab, sondern auch von der Structur und der Porosität, ferner von dem Orte der Gewinnung, sowie dem Orte und der Art der Verwendung des Steines. Im Allgemeinen werden Steine mit gleichmässig feinkörnigem oder dichtem Gefüge widerstandsfähiger gegen die Witterungseinflüsse sein als solche mit grobkörnigem und porenreichem. Eine schieferige oder schalige Structur ist insofern ungünstig, als sie dem Sauerstoff, der Kohlensäure und dem Wasser die chemische und mechanische Einwirkung erleichtert.

Der Ort der Gewinnung hat ebenfalls einen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit, denn es gehen Steine, welche der Oberfläche oder Lagerstätten entstammen, die Schichtenstörungen (Spaltungen, Verwerfungen, Faltelungen, Biegungen u. s. w.) zeigen, weit eher zu Grunde als frische, d. h. unverwitterte, aus dem Innern der Gebirge oder aus mächtigen, gleichmässig abgelagerten Gesteinsmassen stammende.

Wichtig ist auch der Ort der Verwendung, weil Steine, die einem mehrmaligen schroffen Uebergange von Hitze zur Kälte (z. B. bei Feuerungsanlagen) und einem häufigen Wechsel von Trockenheit und Durchfeuchtung (z. B. bei Wasserbauten an der Wassergrenze) ausgesetzt sind, eher zerstört werden als solche, die sich in einer gleichmässig ungünstigen Lage befinden. Kalksteine und Dolomite verwittern auf dem Lande weniger leicht als z. B. in Fabrikstädten, weil sie in letzteren durch die schweflige Säure aus der durch Steinkohlenrauch oft in hohem Grade verunreinigten Luft stark angegriffen werden. Steine, welche im südlichen oder nördlichen Klima eine vorzügliche Wetterbeständigkeit besitzen, verwittern oftmals leicht in unserem gemässigten Klima. Auf diesen Umstand wird bei der Auswahl von Steinen häufig nicht genügend Rücksicht genommen.

Endlich muss auch die Art der Verwendung in Betracht gezogen werden. Hierzu bemerkt Gottgetreu (Lehrbuch der Hochbaukunde, I. Th., S. 67, Berlin 1880) Folgendes: »Von grosser Wichtigkeit ist es, dass jedes Werkstück auf's Bruchlager versetzt wird, anderenfalls wird es leicht durch die Witterung zerstört, auch würde ein mit seinen Schichtungsflächen senkrecht gestellter Quader durch eine darauf gebrachte Last vollständig zerklüftet werden; ebenso müssen Decksteine, Belagsplatten-, Fenster- und Thürbänke auf ihr Bruchlager verlegt werden. Auch bei allen vorspringenden Gesimsen, die im Aeusseren einer Façade sich befinden, dürfen keine gestellten Steine verwendet werden; nur unbelastete Verkleidungsplatten stellt man, um Kosten zu ersparen, auf's Haupt. Bei den Thür- und Fenstereinfassungen muss das Lager nach Aussen in die Flucht der Mauerfläche gebracht werden; dann bildet das Haupt die Leibung und erscheint mehr

weisen lassen, ist der fertige Stein unter $1/4$ Atmosphäre Ueberdruck 3 Stunden lang in einem Papin'schen Topf zu kochen und dann auf Sprünge und Abblätterungen zu untersuchen.

(Vergl. »Handbuch der Architektur«, Thl. I., Bd. I., S. 81, 2. Aufl. 1895.)

Am sichersten lässt sich die Dauerhaftigkeit eines Bausteines an älteren Bauwerken prüfen, bei welchen er Verwendung fand.

Im Grossen und Ganzen ist die Wetterbeständigkeit

sehr gross: bei allen Gesteinen, deren Hauptbestandtheil Kieselsäure ist, z. B. beim Quarz, Quarzit, Grauwackenschiefer, quarzreichen Granit (besonders mit weissem Orthoklas), quarzreichen, dickbankigen und lagenförmigen Gneis, Sandstein mit spärlichem kieseligen Bindemittel und scharfkantigen Quarzbestandtheilen, Gerölle und Geschiebe mit vielem Quarzgehalt, — bei glimmerhaltigen Gesteinen, wenn der Glimmer eine grössere Menge Kalium enthält, — bei manchen Silicaten, namentlich Kalkerde- und magnesiahaltigen, z. B. bei Kalifeldspath, Hornblende, Augit, Diorit ohne Schwefelkies und beim Syenit, — bei Gesteinen mit dichtem Gefüge, grosser Härte, grosser Tragfähigkeit und grossem specifischen Gewichte, auch solchen mit gleichmässig tief gefärbten Gemengtheilen, z. B. beim Säulenbasalt, Phonolith, Gabbro mit wenigem Labradorgehalte u. s. w.;

gross: bei manchen Tuffgesteinen (vergl. § 55) schlackigen Laven und Silicaten mit kieselsaurem Natron (z. B. Natronfeldspath), beim grobkörnigen, glimmer- und feldspatharmen Granit, beim Thonschiefer mit reichem Gehalt an Kieselerde und ohne Schwefelkies, Mangan- und Eisenoxydul u. s. w., beim glimmerreichen und dünngeschichteten Gneis, beim Kalkstein mit grossem Gehalt an kohlensaurer Magnesia und von grosser Dichtigkeit, bei Gyps und Kreide an der Luft, beim körnigen Dolomit, Marmor ohne eisenschüssige Adern, Basalt ohne oder mit wenigem Gehalt an Eisenoxydul, Pechstein, feldspatharmen Trachyt u. s. w.;

mässig: bei Silicaten mit kieselsaurem Kalium, z. B. Kalkfeldspath oder Labrador (als Hauptbestandtheil vieler Porphyre, Melaphyre und Trachyte), bei erdigen, weichen, leicht zerreiblichen und den jüngeren Gesteinsformationen angehörenden Kalksteinen, bei Sandsteinen mit mergeligem, thonhaltigem oder kalkreichem Bindemittel, ferner beim grobkörnigen, feldspath- und glimmerreichen, eisenoxydhaltigen Granit, beim Basalt mit grösserem Gehalt an Eisenoxyd, beim Diorit mit Schwefelkies, beim Diabas, labradorreichen Gabbro, glimmerreichen Glimmerschiefer, beim Augit, Felsit- und Leucitporphyr, beim feldspathreichen Trachyt u. s. w.;

gering: bei Gesteinen mit kiesel- und kohlensaurem Eisenoxydul, mit vielem Schwefelkies, mit Glimmer, wenn derselbe viel Eisenoxydul enthält, ferner bei porösen, weichen, wenig festen und leichten Gesteinen, bei schieferigen, faserigen, körnigen, erdigen und blätterigen, wenn ihr Zusammenhang ein recht lockerer ist und sie viele Zwischenräume besitzen, also bei Sandsteinen mit Nestern von Thoneisenstein und mit Schwefelkies, bei weichen, erdigen und leicht zerreiblichen Trachyten, bei Kalksteinen mit Eisenoxydul und unter Wasser sowie in Rauchgasen, bei thonhaltigen Kalksteinen, beim Marmor mit eisenschüssigen Adern, bei Gyps und Anhydrit unter Wasser, beim Alabaster im Freien und unter Wasser, beim Mergel, beim Thonschiefer mit Schwefelkies, Mangan- und Eisenoxydul, beim Alaunschiefer, beim Glimmerschiefer mit hohem Schwefelkiesgehalt u. s. w.

§ 71. Die Abnützbarkeit.

Bei der Auswahl von Steinen für Strassenpflasterungen, Trottoirplatten, Treppenstufen u. s. w. ist in erster Linie die Abnützbarkeit (Abnützungshärte, Abnützungsfestigkeit) zu berücksichtigen. Dieselbe hängt von der mineralogischen Härte, Sprödigkeit und Zähigkeit, von der Gleichmässigkeit des Zusammenhanges der einzelnen Bestandtheile und auch von der Festigkeit und dem Gefüge ab und ist in der Regel umso grösser, je weicher und spröder der Stein und je grobkörniger sein Gefüge. Besitzen gemengte Steine überwiegend weichere und sprödere Bestandtheile, so werden sie einen geringeren Grad von Widerstand gegen Reibung, Stoss und Schlag besitzen, als solche, die vorwaltend härtere und zähere Gemengtheile enthalten. Man wird daher z. B. zu Strassenpflasterungen am besten harte und zähe Gesteine verwenden, damit das Pflaster nicht durch Pferdehufe und Wagenräder zerstört werden kann.

Die Prüfung auf Abnützbarkeit wird mittelst der von Bauschinger construirten Abschleifmaschine vorgenommen, welche eine grosse, wagrechte Gusseisenscheibe besitzt, die mit einer Geschwindigkeit von 20 Touren in der Minute um eine lothrechte Achse rotirt. (Eine Beschreibung und Abbildung dieser Maschine findet man u. A. in dem Werke des Verfassers. »Die natürlichen Gesteine u. s. w.«, Band II., S. 114—116) Das Abschleifen erfolgt unter Verwendung von Schmirgelpulver Nr. 3 (für je 20 Touren 40 Gramm), das auf die rotirende Scheibe gestreut wird. Der Stein wird durch einen Hebel mit einer Belastung von 20—30 *kg* gegen die Schleifscheibe gedrückt und sein Gewichtsverlust nach je 10 Minuten (200 Touren) gewogen. Dieser Gewichtsverlust beträgt nach Hauenschild (Handbuch der Architektur, Bd. I., S. 75) bei Graniten, Porphyr, Basalt u. s. w. auf 50 cm^2 Fläche 8 bis 20 Gramm, bei weicheren Steinsorten, Kalksteinen und Sandsteinen, 20 bis 80 Gramm, ja sogar 100 Gramm.

§ 72. Die Feuerbeständigkeit.

Von den natürlichen Gesteinen sind hauptsächlich folgende feuer-

hierauf ist bei Berechnungen der Tragfähigkeit der Steine Rücksicht zu nehmen.

Die Prüfung auf Feuerbeständigkeit erfolgt am einfachsten dadurch, dass man die Steine mehrere Stunden lang einem starken Feuer aussetzt und sie nachher in einem warmen Ofen allmälig abkühlt, oder dadurch (nach dem Verfahren von Dr. Böhme), dass man sie 2 Stunden lang einem Gasfeuer unter Einwirkung kalter Luft oder nach vollständiger Tränkung mit Wasser eine Stunde lang einer Weissglühhitze aussetzt und sie hierauf im Wasser ablöscht. Die Steine dürfen bei diesen Proben ihren Zusammenhang nicht verlieren. In der Weissglühhitze wird jedoch selbst ein feuerbeständiger Stein leicht rissig.

G. Die Bearbeitung und Haltbarmachung.

§ 73. Allgemeines.

Die Bausteine werden entweder vom Felsen in der gewünschten Form und Grösse abgesprengt oder, wenn dies nicht möglich ist, durch eiserne Keile oder Steinsägen erforderlichenfalls in kleinere getheilt und diese mit geeigneten Werkzeugen in eine meistens annähernd parallelepipedische Form gebracht, welche nach jeder der drei Abmessungen, je nach Härte und Kostbarkeit des Gesteins 20—30 *mm* grösser sein muss. (Werk-, Bruch-, Arbeits- oder Steinmetzzoll), als das aus ihr herzustellende Werkstück.

Einfache Steinkörper, wie z. B. Pflastersteine, Bordschwellen und Treppenstufen ohne oder mit einfachen Profilen werden gewöhnlich schon im Steinbruche, Steine mit kräftigen Profilen und einfachen Ornamenten meistens auf dem Werk- oder Bauplatz, solche mit feinen Profilirungen und reicheren Ornamenten am besten nach dem Versetzen an Ort und Stelle fertiggestellt. Nicht empfehlenswerth ist es, architektonisch verzierte Bausteine im Steinbruch vollenden zu lassen, weil der Architekt die Bearbeitung nicht zu überwachen vermag und nicht davor geschützt ist, geflickte Steine zu erhalten, weil ferner die Steine auf dem Transport vom Bruche zur Baustelle leicht beschädigt werden und weil endlich häufig eine Verzögerung in der Steinlieferung eintritt.

Das Brechen der Steine erfolgt am besten in der Zeit vom April bis November, weil die Wetterbeständigkeit der im Winter gebrochenen Steine, sehr oft geringer ist. Aus diesem Grunde ist der Betrieb in den meisten Steinbrüchen während des Winters geschlossen. Dagegen werden die in der wärmeren Jahreszeit gebrochenen Steine häufig im Winter auf dem Werkplatz der Steinmetze zugerichtet.

Man theilt die Bausteine ein in:

1. gewöhnliche Bruchsteine, welche die beim Absprengen vom Fels erlangte zufällige Gestalt behalten oder nur von den, die Verwendung erschwerenden oder hindernden Zacken u. s. w. mit dem Hammer befreit werden;

2. lagerrecht bearbeitete Bruchsteine (Grundstücke, Hurzeln), deren Fuss- und Kopffläche bearbeitet sind;

3. Schichtsteine (Möllons), die an der Stirn (dem Haupt, der Ansichtsfläche) und dem vorderen Theil der Lager- und Stossfugenflächen bearbeitet sind;

4. Werkstücke (Werksteine, Schnittsteine, Hausteine, Quader), deren Ansichts-, Kopf-, Fuss- und Stossfugenflächen zugeschnitten (gesägt), zugehauen, zugespitzt u. s. w. sind.

Was die Abmessungen der Steine anlangt, so richtet sich dieselbe nach dem specifischen Gewichte und der Art der Versetzung, nach der Art der Verwendung und nach der Mächtigkeit der Schichtung. Steine, welche von Hand (durch 2 Mann) versetzt werden sollen, erhalten nicht mehr als etwa 60 *cm* Länge, 30 *cm* Höhe und 30 bis 60 *cm* Breite, Bruch- und Schichtsteine nicht mehr als etwa 25 *cm* Höhe u. s. w. Zum Versetzen grösserer und schwererer Blöcke sind Flaschenzüge, Winden, Krahne u. s. w. erforderlich, von deren Tragfähigkeit die Steingrösse abhängt.

Die Berechnung erfolgt in der Regel:

nach Cubikmeter, wenn die Steine in allen 3 Abmessungen länger als 30 *cm* sind (z. B. Quader, Pfeiler, Sockel) wobei immer das den vollendeten Stein umschriebene kleinste Prisma zu wählen ist;

nach Quadratmeter, wenn die Steine nur eine Dimension unter 30 *cm* besitzen und sich diese nicht verändert (z. B. Verblendsteine, Pflastersteine, Platten);

nach laufendem Meter, wenn die Steine zwei Abmessungen unter 30 *cm* haben und sich ihr Querschnitt nicht ändert (z. B. Treppenstufen, Rinnen, Bordsteine);

nach Stück, wenn die Steine nicht umfangreich und besonders schwierig zu bearbeiten sind (z. B. Säulencapitäle).

§ 74. Das Bossiren und die Herstellung der Schläge.

Das rohe Behauen der Bausteine, Bossiren, erfolgt schon im Steinbruch mittelst des Spitzeisens (Fig. 22) bei härteren und festeren, schwerer zu bearbeitenden Steinen und mittelt des Zweispitzes (Fig. 23) bei weichen und mittelharten Steinen. Als Hammer zum Treiben des von oben in die »Bosse« eindringenden Eisens und zum Absprengen vorstehender Kanten

behandelt. Der neue Schlag muss mit dem der ersten Fläche genau einen rechten Winkel bilden; dieser wird mit Hilfe des Winkeleisens bestimmt. Alsdann wird die dritte Fläche zur ersten und zweiten rechtwinkelig abgeebnet, von der durch die drei bearbeiteten Flächen gebildeten körperlichen Ecke aus Länge, Breite und Höhe des Werkstückes abgetragen und endlich die Bearbeitung der übrigen Flächen vorgenommen. Damit die Steine genau aufeinander passen, müssen die Lagerflächen genau eben bearbeitet sein.

Bei harten und mittelharten Steinen benutzt man zur Herstellung der Schläge das flachbahnige Schlageisen (Fig. 28), bei weichen, auch wohl den breitbahnigen Zahnmeissel (Fig. 29); beide Werkzeuge werden mit eisernen Handfäusteln oder hölzernen Schlägeln getrieben.

§ 75. Die Herstellung gespitzter, gekrönelter, gestockter, scharrirter, gezähnelter und glatter Steinflächen.

A. Durch Handarbeit.

Der zwischen den Schlägen liegende Theil der Steinoberfläche, häufig »Posten« oder »Bosten« genannt, wird nicht weiter bearbeitet, wenn aus dem Steine sogenanntes Rustikamauerwerk hergestellt werden soll. Andernfalls wird er bei harten Steinen mit dem Spitzeisen und Bossirhammer, bei weicheren mit dem Zweispitz und Schlägel im Gröbsten abgearbeitet d. h. gespitzt. Sollen die Flächen eine grössere Ebenheit erhalten, so werden sie bei grösserer Gesteinshärte mit dem Zahn- oder Krönelhammer (Fig. 30) und weiter mit dem Stock- oder Kraushammer (Fig. 31) oder auch mit der Picke oder Bille (Fig. 32) die auch z. B. zum Schärfen von Mühlsteinen benutzt wird, bearbeitet, während man sich bei weicheren Steinen hierzu des Kröneleisens (Fig. 33) bedient. Man erhält hierdurch »gekrönelte«, »gekörnte« oder »gestockte« Flächen. Behaut man solche Flächen hierauf mit dem Scharrireisen (Fig. 34) oder Halbeisen (Fig. 35) oder Flachhammer (Fig. 36), die mit dem Holzschlägel getrieben werden, so erhält man scharrirte Flächen mit schmalen parallelen Streifen (Schlägen). Bei harten Steinen benutzt man oft den Zahnmeissel, der mit eisernem Handfäustel zu treiben ist. So bearbeitete Flächen nennt man »gezähnelte«. Glattere Flächen erhält man durch das Feinscharriren und Aufschlagen mittelst Scharrireisen von verschiedener Breite, Breiteisen genannt, nachdem man die Flächen vorher in gewöhnlicher Weise scharrirt und dann rauh abgeschliffen hat.

Es sei nochmals hervorgehoben, dass weiche und wenig haltbare Steine (z. B. manche Sandsteinarten) nicht mit schweren Werkzeugen, z. B. nicht mit dem Stockhammer, bearbeitet werden dürfen, weil hierunter ihre Wetterbeständigkeit leiden kann.

Besitzen die Gemengtheile des Steines verschiedene Härte, ist das Gefüge und die Sprödigkeit ungleichmässig oder durchsetzen Adern oder Nester von Thoneisenstein u. s. w. den Stein, so ist es sehr schwierig, eine vollkommen ebene, »reine« Oberfläche zu erzielen.

B. Durch Maschinenarbeit.

Zur Herstellung von ebenen, aber auch gekrümmten und gebrochenen **Flächen werden meist** Steinhobelmaschinen verwendet. Die Bearbeitung

der Steine erfolgt bei ihnen entweder durch Werkzeuge, die durch schiefen Stoss auf die Steinfläche wirken, oder durch rotirende Spitzmeissel, Flachmeissel u. s. w. oder durch abscheerend wirkende Schneidewerkzeuge.

Zum ersten System gehört die Steinbearbeitungsmaschine von R. Girwood, welche hauptsächlich zur Herstellung von ebenen Flächen dient. (Fig. 37.) Sie besitzt eiserne Meissel *M*, die zu je vier in Doppelgehängen *G* durch eine Klemmvorrichtung *K* gehalten und durch die auf den Armen *B* befestigten, entweder durch Hebedaumen oder kleine Dampfkolben mit Hilfe kleiner Zugstangen *Z* bewegten Schlägel *A* getrieben und durch die Schraube *S* und die Schraubhülsen *H* in die, für die betreffende Gesteinsart günstigste, Neigung gebracht werden. Durch eine Stellvorrichtung *V* lässt sich der Aufhängungspunkt *P* so drehen und feststellen, dass die kurze Meisselbahn der Graden möglichst nahe kommt. Der auf einem Schlitten ruhende Stein *W* wird durch eine hydraulische Presse oder durch eine, mittelst eines verstellbaren Excenters betriebene, Pumpe mit der erforderlichen Geschwindigkeit vorwärts bewegt.

Ferner gehören zu diesem Systeme: die Steinbearbeitungsmaschine von Holmes in Mold (England), welche zur Herstellung von ebenen, hohlen und gewölbten Flächen, von Thür- und Fenstergewänden, Gesimsen u. s. w. benutzt werden kann (siehe »Maschinenbauer« 1869, S. 146), die von Andrew, Atchinson in Boston, James Fogg, Henry Newton, Lloyd (siehe »Maschinenbauer« 1870, S. 385) von E. v. Bühler (siehe »Deutscher Steinbildhauer« 1892, S. 367) u. A.

Zum zweiten Systeme gehören: die Steinbearbeitungsmaschine »Mastodon stone dresser« von R. G. Anderson in Quincy (Illinois), die besonders zum Ebnen von Marmor-, Kalk- und Sandsteinblöcken dient und Aehnlichkeit mit einer Metallhobelmaschine besitzt (siehe »Scientific Amerikan« 1871, Bd. XXV, S. 223 und »Maschinenbauer« 1872, S. 20) und die von Brunton und Trier in London (Fig. 38). Diese letztere Maschine ist so eingerichtet, dass ihre kreisrunden Messer eine eigene, ihrem Abrollen auf der Steinfläche entsprechende Umfangsgeschwindigkeit erhalten und jeder Stoss vermieden wird.

Messer durch eine schwingende Welle in Umdrehung versetzt (siehe »Deutscher Steinbildhauer«, 1891, S. 341), bei der Sectoren-Hobelmaschine von Alb. Dittmer kreissectorenförmige und mit Diamanten besetzte Werkzeuge, einzeln oder zu mehreren vereinigt, schwingend bewegt. Letztere Maschine gehört wie die von der Chemnitzer Maschinenfabrik construirte (siehe »Deutscher Steinbildhauer«, 1892, Nr. 10) zu den neuesten Steinbearbeitungsmaschinen. Zu erwähnen sind noch die ebenfalls zu dem zweiten Systeme gehörenden Maschinen von M. C. Donald, Keller und Watzstein, Ransome in London und G. Stacy, Hoë & Comp. in New-York. Die von den Letztgenannten fabricirten Maschinen bilden eine Vereinigung des ersten und zweiten Systems (siehe: Engineer, 1874).

Steinbearbeitungsmaschinen mit abscheerend wirkenden Werkzeugen (drittes System) haben Johnson & Ellington in Chester (siehe »Maschinenbauer« 1884, S. 89), Robinson & Sohn in Rochdale (siehe »Iron«, Bd. XIV, S. 549), J. Coulter & H. Harpin, Brearly & Marsden u. s. w. in den Handel gebracht.

Mit einigen von den vorgenannten Steinbearbeitungsmaschinen (z. B. der von Johnson & Ellington und Brearly & Marsden) können auch Profilirungen (Karniese, Rundstäbe u. s. w.) und Cannelirungen ohne weiteres hergestellt werden, mit einigen anderen (z B. der Stacy'schen) jedoch erst, wenn sie mit entsprechenden Abänderungen versehen werden.

Die Leistungsfähigkeit der neueren Steinbearbeitungsmaschinen ist im Allgemeinen eine recht zufriedenstellende; trotzdem haben diese Maschinen bislang nur eine geringe Verbreitung gefunden. Die Verwendung von Maschinen empfiehlt sich meistens nur für die Bearbeitung gerader oder gekrümmter Flächen und bei wenigen, gleichartig gebildeten Gesteinen, denn die maschinelle Bearbeitung harter und spröder Gesteine, namentlich solcher mit ungleichmässiger Härte und mit verschiedenartig spröden Partien, verursacht ganz besondere Schwierigkeiten. Ausserdem haben die Steinbearbeitungsmaschinen den Nachtheil, dass sich ihre Werkzeuge (Meissel, Messer u. s. w.) in der Regel schnell abnützen und daher häufigen Ausbesserungen unterworfen sind, dass ferner die von ihnen erzeugte Arbeit oft weniger sauber ist als die von der Hand eines geschickten Steinmetzen gelieferte, und dass endlich sich wegen der hohen Anschaffungs-, Betriebs- und Unterhaltungskosten der Maschinen trotz der Zeitersparniss die Maschinenarbeit vielfach theurer stellt als die Handarbeit.

Sind härtere Gesteinsstücke mit einem weicheren Bindemittel verkittet oder haben die Steine ein krystallinisches Gefüge und spalten Theilchen in verschiedenen Richtungen verschieden leicht ab, so kann man (nach Karmarsch) die Gefahr des Ausbröckelns kleinerer Stücke oder Splitter dadurch vermindern, dass man die Steine vorübergehend mit Wasser tränkt, wodurch ihr Gefüge gefestigt wird. (Siehe: Prechtl, Technol. Encyklopädie 1850, Bd. 16, S. 319.)

§ 76. Das Schleifen und Poliren.

Sollen die Werksteine eine möglichst ebene und glatte Oberfläche und scharfe Kanten erhalten, oder soll die Schönheit ihrer Farbe und Structur mehr zur Geltung gebracht werden, so werden die Steine geschliffen. Das Abschleifen beginnt in der Regel mit grobkörnigen Schleifmitteln, welche

die grösseren Rauheiten der Oberfläche beseitigen (Rauhschleifen), und wird mit stufenweise feineren Schleifmitteln fortgesetzt (Feinschleifen) und schliesslich mit den allerfeinsten Schleifpulvern beendet (Glanzschleifen oder Poliren). Zum nächst feineren Schleifmittel wird man gewöhnlich erst dann greifen, wenn das gröbere unwirksam wird d. h. trotz reichlicher Wasserzufuhr an der Steinfläche haften bleibt.

Zum Schleifen von Steinen benützt man vorzugsweise Schmirgel (besonders für Hartsteine), Sandstein mit feinem, gleichmässigem, scharfkantigem und nicht zu hartem (kieseligem) Bindemittel, sehr feinkörnigem Schieferstein, Bimsstein (besonders zum Nachschleifen), granulirte Gussstahlmasse, gehärtete Stahlkugeln (vom Erfinder E. Offenbacher »Diamantin« genannt), Granatpulver und Quarzsand, der bei härteren Steinen ein feineres, bei weicheren ein gröberes Korn besitzen soll u. s. w. Man richtet die Flächen der Schleifsteine am besten so zu, dass sie sich der Gestalt der zu schleifenden Steinfläche möglichst anschmiegen.

Das Schleifen kleiner Werkstücke geschieht meistens von Hand mittelst kleiner Schleifsteine, bei grösseren Steinen und bei Verwendung von Schleifpulvern und Quarzsand mittelst Schleifmaschinen, welche im Wesentlichen aus wagrecht (seltener senkrecht) gestellten Schleifscheiben bestehen, die für härtere Gesteine aus weichem Stahl oder Gusseisen, für weichere auch wohl aus Kupfer oder Blei hergestellt sind und entweder das Schleifmittel über die Steinfläche hin und her führen, wobei sie sich kreis- oder ellipsenförmig, auch wohl kreuzförmig bewegen, oder den Stein tragen und ihn langsam hin und her bewegen oder lothrecht arbeiten, wobei der Stein unter einem bestimmten Druck selbstthätig hin und her geschoben wird. Statt der Schleifscheiben hat man auch einfache Klötze benützt, welche durch Stangen und Charniere mit einer Excenterwelle lose verbunden sind, oder Metallwalzen. Beim Schleifen wird aus einer regulirbaren Leitung Wasser auf die Steinfläche geführt.

Empfehlenswerthe Schleifmaschinen liefern: Emil Offenbacher in Markt Redwitz, M. Hirschbeck in Landsberg a. L. (Siehe: Krüger, »Natürliche

einer Bleiplatte über die Steinfläche hin und her geführt werden; es wird fortgesetzt und vollendet mit stufenweise weicheren Polirmitteln, die man mit belederten oder befilzten u. s. w. Holzscheiben schnell unter starkem Druck auf die Steinfläche reibt. Je stärker dieser Druck, desto grösser die Reibung und desto tiefer und dauerhafter die Politur. Das Poliren geschieht mit der Hand oder mittelst Maschinen, die wie die Schleifmaschinen construirt sind. Von den Polirmaschinen haben namentlich die von Emil Offenbacher gebauten eine weitere Verbreitung gefunden. Fig. 43 stellt einen Offenbacher'schen Schleif- und Polirapparat mit Handführung dar, welcher unter Anderem auch den Vorzug hat, dass die Maschine während des Betriebes durch die Kurbel *d* an der Säule *a* in der Höhe verschiebbar ist, was besonders bei der Bearbeitung verschieden hoher Stücke eine grosse Zeitersparniss gewährt.

Zum Poliren benützt man namentlich Schmirgelpulver (Schlämmschmirgel), ferner geglühtes, geschlämmtes und sehr fein gemahlenes Eisenoxyd, Krokus-Stahlglanz (d. i. scharfgeglühtes Eisenoxyd mit Bimsstein-Schlämmpulver und etwas Zinnasche) auch feingeschlämmte Zinnasche allein (z. B. für Marmor), sehr feines Bleipulver, feingepulverten und gesiebten Marmor, Alabaster, Speckstein (für Serpentin), Bimssteinstaub, feingepulverte Kreide, Perlmutterpulver, Schwefelblume (für Marmor), Korkkohle, Tripel (Polirschiefer) und Kohle von Hollunder-, Linden-, Ulmen- und Weidenholz (für Alabaster).

(Bewährte Recepte für das Schleifen und Poliren von natürlichen Steinen findet man in G. K. Strott's »Baumaterialien«, 1883 und in dem Werke des Verfassers »Die natürlichen Gesteine«, Bd. II, S. 204—206.)

Bei Hornblende-Gesteinen und gemengten Feldspath-Gesteinen kann (nach Hauenschild) durch einige Tropfen Salpeter- oder Schwefelsäure das Poliren beschleunigt werden.

Falsche Politur (Lacküberzug) und echte Politur (Spiegelung) lassen sich (nach demselben Fachmann) sehr leicht von einander unterscheiden, wenn man Alkohol und Aether auf die Steinfläche aufreibt. (Siehe »Handbuch der Architektur«, Bd. I., S. 105 und 106.)

§ 77. Die Steinsägen.

Um Steinblöcke mit möglichst wenig Stoffverlust in kleinere (z. B. in Platten) zu zertheilen oder unregelmässige Steine mit rauher Oberfläche in regelmässig gestaltete Werkstücke mit ebenen Flächen und scharfen Kanten durch Fortnahme dünner Schichten umzuwandeln, benutzt man mit Vortheil Steinsägen.

Die einfachsten Steinsägen — die Handsägen — besitzen immer ein gerades Blatt, das nur für weichere Steine mit Zähnen versehen und von zwei Arbeitern in der Schnittfuge des Steines hin und her gezogen wird.

Wirksamer sind die Steinsägemaschinen, die in der Form von Band-, Gatter- oder Kreissägen in den Handel kommen.

Von den Bandsägen, die entweder durch blosse Umdrehung von Stahldraht mit Schleif- (Schmirgel-) Masse oder mit lothrechtem oder senkrechtem Band mit oder ohne Diamantenbesatz und mit oder ohne Schleifmasse arbeiten, ist die Stahldrahtsäge des Amerikaners Violette (siehe »Scientific American«, Supplement 1884, S. 7096) die mit Diamanten besetzte Bandsäge von Gerard (siehe »Deutscher Steinbildhauer«, 1893, Nr. 4) und die von Emil Offen-

bacher für ganz weiche Kalksteine construirte Bandsäge besonders hervorzuheben. Letztere ist in Figur 44 dargestellt. Auch die Bandschneidmaschine von Armand Auguste und die Seilschneidmaschine von Gay sind erwähnenswerth (Siehe »Public. industrielle«, 1877—1878, Bd. XXXI, S. 243.)

Die mit geraden Sägeblättern ausgestatteten Sägemaschinen — Gattersägen — sind sehr verbreitet. Das zahnlose Blatt besitzt gewöhnlich eine Länge von 4 *m* und darüber, eine Breite von 60—70 *cm* und eine Dicke von 2—3 *mm* und vollführt meistens und am besten eine wagrechte Schnittbewegung, wobei es von oben in den Stein eindringt. Zu nennen sind die Gattersägen mit selbstthätiger Gewichts- und Schraubensenkung, mit automatischer Sand- und Wasseraufgabe, mit beliebig vielen Blättern und einem Antriebe durch eine oder zwei Kurbelstangen von Emil Offenbacher für harte Steine (Granit und Syenit, Fig. 45 und 46), ferner von Darby in Depford (siehe Engineer, Bd. XLII., S. 357 und »Polytechn. Journal«, Bd. CCXXIV, S. 158), von Pfaff in Chemnitz, E. P. Bastin in London (siehe »Building news«, Bd. XLIV, S. 4), von J. Sutclife Gabriel in London, Pomble in Paris u. s. w. In neuerer Zeit verwendet man auch — besonders in Amerika — Sägen, deren Blätter abwechselnd rechts und links mit schwarzen Diamanten (sogenannten carbons) besetzt sind, die sich wegen ihrer grossen Härte und Festigkeit besonders zum Schneiden von sehr harten Steinen eignen und deren Leistungsfähigkeit gegenüber den gewöhnlichen Steinsägen mehr als das Zehnfache betragen soll. Solche Diamantsägen fabriciren A. V. Newton in London, Hough Young in New-York, Arnold & Comp. in Strassburg i. E., Theodor Lange in Brieg, W. R. Lake in London und Emmerson, Ford & Comp. in Beaver Falls (Pennsylvanien).

Auch Kreissägen werden zum Schneiden von Steinen, besonders aber zum Säumen, Vierkanten und Nuthen und zum Bearbeiten kleinerer Steinflächen sehr häufig benützt. Sie arbeiten entweder an wagrechter Welle befestigt mit lothrechtem Schnitt und besitzen dann meistens mehrere, auf einer Welle verstellbar gekuppelte Sägen, so dass mit ihnen z. B. Thür- und Fenstergewände von verschiedener Dicke geschnitten werden können, oder an loth-

maschine von Graziosi, die ohne Stoss und Schlag und ohne Bruchspalten im Gestein zu erzeugen arbeitet und sich für gleichmässige Gesteinsarten sehr gut eignet, für ungleichmässig harte und spröde jedoch nicht brauchbar ist. Figur 50 stellt diese Maschine dar. Die Furchensäge *A* verrichtet die Längenschnitte im Gestein, die Säge *B* schneidet, je nachdem die Steinstücke eine parallelepipedische oder keilförmige Gestalt erhalten sollen, lothrecht oder schräg, während die beiden kleinen Sägen *C C* wagrecht schneiden und zur vollständigen Abtrennung der Blöcke dienen; ihr Abstand richtet sich nach der Quaderhöhe. (Näheres über diese Maschine findet man im »Maschinenbauer« 1874, S. 229, in der »Allgem. polytechn. Zeitung« 1874 und in den »Natürl. Gesteinen«, Bd. II, S. 219—221.) Diese Maschine soll in einer Stunde 2·5 m^3 vollkommen regelmässige Steine aus dem Fels herausschneiden können.

Um die Schnittfläche zu vergrössern, die Steinfläche möglichst zu glätten und ein Nacharbeiten derselben nach der Trennung überflüssig zu machen, wird in die Schnittfuge gesiebter Kiessand, Schmirgelpulver, Glaspulver, pulverisirter Feuerstein, Blei- oder Zinnabgang, glasharter Gussstahl oder abgeschrecktes Gusseisen in Kügelchen von 0·6—0·7 *mm* Durchmesser u. s. w. mit Wasser eingebracht.

§ 78. Die Herstellung der Platten.

Man kann die Platten unmittelbar vom Felsen durch »Spalten«, d. h. durch Abtreiben senkrecht zur natürlichen Lagerfläche des Gesteins oder durch »Reissen«, d. h. durch Abkeilen parallel zur Lagerfläche ablösen oder aus abgesprengten grösseren Steinblöcken mittelst Abkeilen oder durch Steinsägen gewinnen. Nur das Spalten von Schieferblöcken zur Gewinnung dünner Tafeln erfolgt mit Hilfe eines sehr dünnen, etwas biegsamen, schmalen und in einen quadratischen Stiel nach oben übergehenden Meissels (Spalteisens, Fig. 51) und eines Holz- oder Eisenhammers. Das Spalteisen besitzt im Mittel eine 6 *cm* breite, 20 *cm* lange Klinge mit Handgriff; zum Spalten grösserer Blöcke werden jedoch grössere Spalteisen verwendet. Der Block hat gewöhnlich eine Höhe und Breite von 20—30 *cm* und eine Länge von 100—200 *cm*. Grosse und dicke Platten (z. B. für Billards und Pissoirwände) werden dagegen meistens durch Kreissägen, deren Blätter eine grosse Stärke besitzen und am Umfange etwas dicker sind als in der Mitte, zerschnitten und nöthigenfalls mit dem Spitzhammer in kleinere getheilt. Bei der Herstellung dünner Platten spaltet man den Block zunächst in 2—3 *cm* dicke Platten, um das Brechen derselben während des Spaltens nach Möglichkeit zu verhindern; diese spaltet man noch zweimal, so dass man 3—7 *mm* dicke Tafeln erhält.

Die dünnen, für Dacheindeckungen und Wandbekleidungen (zum Schutze gegen Nässe) dienenden Tafeln können mit Hilfe des Haumessers (Schieferhammers, Fig. 52) in regelmässige Formen gebracht und dann geschabt werden, wobei man sie auf den sogenannten Ambos (Haueisen, Dachbrücke, Fig. 53) legt, oder sie werden mittelst der, einer Blechscheere ähnelnden, Schieferscheere (Fig. 54) nach Blechschablonen ausgeschnitten. Das letztere Verfahren ist vorzuziehen, weil man schärfere Kanten erzielt. Die dickeren Platten werden auf Hobelmaschinen zugerichtet, die gleichzeitig mit mehreren Schneidestählen arbeiten. Das Durchlochen (für die Aufnagelung) erfolgt mittelst der Spitze des Haumessers oder der Scheere.

In der nachfolgenden Tabelle sind die üblichen Formate **rechteckiger** Dachschiefertafeln aufgeführt und gleichzeitig der Bedarf an Schiefer, Latten und Nägel bei bestimmter Lattenweite und einer Ueberdeckung der Tafeln von 3 *cm*, für 10 m^2 Dachfläche angegeben worden.

Format *cm*	Lattenweite *cm*	Bedarf für 10 m^2 Dachfläche			Format *cm*	Lattenweite *cm*	Bedarf für 10 m^2 Dachfläche		
		Schiefer Stück	Latten *m*	Lattnägel Stück			Schiefer Stück	Latten *m*	Lattnägel Stück
66/41	31	80	32	34	41/20	19	275	53	58
66/38	31	88	32	34	36/31	16·5	205	60	66
61/36	29	100	35	37	36/25	16·5	255	61	66
61/31	29	115	35	37	36/20	16·5	320	61	66
56/31	26·5	125	38	41	36/18	16·5	355	61	66
56/28	26·5	140	38	41	33/25	15	280	67	73
51/25	24	175	42	45	33/18	15	390	67	73
46/25	21·5	190	46	50	31/20	14	375	72	78
46/23	21·5	210	46	50	31/15	14	500	72	78
41/25	19	220	53	58	28/14	12·5	600	80	90
41/23	19	240	53	58	25/20	10	475	100	110

Die folgende Tabelle giebt Höhe und Breite der **Schablonen-** und **Schuppenschiefer**, sowie den Bedarf für 1 m^2 Dachfläche an.

Höhe *cm*	Breite *cm*	Bedarf für 10 m^2 Dachfläche Stück	Höhe *cm*	Breite *cm*	Bedarf für 1 m^2 Dachfläche, 2·5 *cm* überdoppelt. Stück
Sechseckige Schablonenschiefer.			*Schuppenschiefer.*		
42	27	25	22	12	100
39	26	27	24	15	93
37	24	30	24	16	89

der Kopffläche abwärts mit letzterer rechte Winkel bilden und in dieser Breite mit dem Stockhammer beziehungsweise Spitzeisen ebenfalls vollkommen rein bearbeitet sein, damit zwischen je 2 verlegten Platten nur ein schmaler, 1—1·5 *cm* breiter Zwischenraum entsteht.

Die Stärke, die Grösse und das Format der Platten und Fliesen aus natürlichen Steinen ist abhängig von der Verwendungsart. Die Dicke beträgt bei Granit- und anderen Hartstein-Trottoirplatten 7·5—15 *cm* (und mehr), bei Marmor-, Schiefer-, Sand- und Kalksteinplatten gewöhnlich 3—7 *cm*. Ueber die Grösse und das Format macht das »Handbuch der Baukunde« im Band I, S. 13, folgende Angaben (für 1—3):

1. Marmorplatten und Schieferfliesen: Format quadratisch mit Seitenlängen von 20—31·5 *cm*; beliebt 26/26 *cm*;

2. Kalksteinplatten (Solnhofer Platten) nach dem Preisverzeichniss des »Solnhofer Actien-Vereines«: Format quadratisch mit den Seitenlängen 22, 24·3, 26·8, 29·2, 31·6, 32·8, 36·5, 39·5, 43·8, 47·4 und 58·4 *cm*;

3. Sandsteinplatten (Weserplatten) nach dem Preisverzeichniss der »Administration der Sollinger Sandsteinbrüche in Holzminden a. W.«: Format quadratisch mit den Seitenlängen 20, 22, 24, 26, 29, 34, 41, 50, 58 und 65 *cm* oder rechteckig von 29/58 und 58/72·5 *cm*; von der Firma Wenck in Karlshafen bezogen: Format quadratisch mit 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 und 60 *cm* Seitenlänge; — von der Firma Rothschild in Stadoldendorf bezogen: Format quadratisch mit 20, 22, 24, 26, 29, 34, 41, 50 und 58 *cm* Seitenlänge oder rechteckig von 58/72·5 *cm*;

4. Granitplatten: Format quadratisch von 30—70 *cm* Seitenlänge oder rechteckig von 80—125 *cm* Länge und einer der ganzen oder halben Trottoirbreite entsprechenden Breite, von etwa 100 *cm*;

5. Saumschwellen und Bordsteine: Höhe 30 *cm*, Stärke 7—18 *cm*;

6. Trottoirrinnen aus Sandstein: Weite 10—30 *cm*.

§ 79. Die Herstellung der Profilirungen mittelst Hand- und Maschinenarbeit.

Die Profilirungen der Gesimse, Consolsteine, Treppenstufen u. s. w. und die Ornamente werden mit Hilfe von Schablonen oder Lehren (Bretungen) aus Blech, Pappe oder Holz in natürlicher Grösse auf den Querschnitt des Werkstückes aufgetragen oder nach einem Modell ausgemeisselt, wobei man sich zum Abmessen und Fixiren der Abstände einer zirkelartigen Schmiege bedient. Zu hohlen und runden Profilen und zu Kröpfstücken benutzt man sogenannte Einhaltsschablonen, aus welchen der das Querprofil der Gliederung bildende Theil ausgeschnitten ist. Diese Arbeiten werden von Hand mittelst verschieden gestalteter Nutheisen mit schmaler Bahn und einem Hohleisen mit gekrümmter Schneide oder durch Hobelmaschinen ausgeführt. Ausser den, bereits im § 75 erwähnten Maschinen eignen sich für diese Arbeiten noch die folgenden: für einfache Profile in weicheren Steinen die Maschinen von Birell und Rotheroë in London (siehe Engineer, Bd. XXV, S. 114), für weichere und härtere Steine die Profil- und Kantenschleifmaschine von Emil Offenbacher in Markt Redwitz, zur Ausarbeitung von Gesimsen, zum Canneliren von Säulen u. s. w. die Eastmann'sche Hobelmaschine, die Maschine von Western & Comp. in London, die

Planir- und Gesimsmaschine von Georg Hunter (siehe »Maschinenbauer«, 1871, S. 253), zum Copiren eines Modells in gleicher Grösse oder in einem kleineren Massstabe in Marmor die von M. Dutel und M. Valet erfundene Copirmaschine (siehe »Publication industrielle par Armengand«, Bd. X, S. 29), zur Herstellung von Figuren, Ornamenten und Reliefs in Marmor und weichem Sandstein die Wenzel'sche Copirmaschine (siehe »Deutscher Steinbildhauer«, 1893, Nr. 18, S. 471), mit welcher gleichzeitig vier Copien gefertigt werden können, und die den weiteren Vortheil gewährt, dass die Arbeit des Punktirens ganz und die des Bildhauers grösstentheils erspart wird, und endlich die vom Baumeister G. J. Schmidt in Berlin construirte Steinbearbeitungsmaschine (siehe »Maschinenbauer«, 1878, S. 227), mit welcher Granitblöcke zu Quadern, Treppenstufen, Säulen, Gesimsen, Platten, ja sogar zu Canalröhren bearbeitet werden können; diese Maschine wird wegen ihrer sauberen, schnellen und dabei billigen Arbeit von verschiedenen Seiten recht gelobt.

§ 80. Die Herstellung von Säulen.

Die Herstellung von Säulen mittelst Meissel und Hammer (Handarbeit) ist eine recht mühevolle und zeitraubende: aus dem parallelepipedischen Steinblock wird zunächst durch Abfasen (Abschlagen der Kanten) ein achtseitiges Prima, aus diesem ein sechzehnseitiges u. s. w. gefertigt, bis man allmälig die Cylinderform erreicht hat. Ist die Säule mit Schwellung oder Verjüngung herzustellen, so benützt man bei der Bearbeitung entsprechend gestaltete Richtscheite oder Lehren.

Weit schneller erreicht man die Fertigstellung der Säulen bei Benutzung von Drehbänken, die mit Fuss- oder Maschinenbetrieb eingerichtet und nach Art der Metalldrehbänke construirt sind. Sie arbeiten in ähnlicher Weise wie diese mit starkem Druck und unter stetiger oder ruckweiser Umdrehung des Werkstückes. Hervorzuheben sind die von Emil Offenbacher construirten Drehbänke, welche das dem Abdrehen, beziehungsweise dem feinen Stocken folgende Schleifen und Poliren der Säule ebenfalls vollführen, ferner die Diamant-Kern-Bohrmaschinen, die namentlich in Amerika zur Her-

Das Sandstrahlgebläse findet zweckmässig nur bei gleichmässig harten und spröden Steinen Anwendung, weil bei ungleichmässig gearteten Steinen die Verzierungen ungleichmässig werden. Das Verfahren besteht darin, dass durch einen Luftstrom oder Dampfstrahl feiner scharfkantiger Quarzsand in einem dünnen Strahle mit einer Geschwindigkeit von 25 *m* in der Secunde gegen die Steinoberfläche geschleudert wird, wodurch kleine Theilchen derselben abgelöst werden. Die Steinoberfläche wird mit einem elastischen Stoffe (Kautschuk, Pappe, Staniol, Zinkblech u. dgl.) bedeckt, aus welchem ähnlich wie bei den Wäscheschablonen die gewünschte Zeichnung u. s. w. ausgeschnitten ist, oder es werden die nicht zu verzierenden Stellen mit einer zähen Masse (sogenanntem Deckgrund) gegen die Einwirkung des Quarzsandes geschützt. In den meisten Fällen ist schon in 5—10 Minuten die Gravirung vollendet.

Das Sandstrahlgebläse wurde auch in neuester Zeit mit Erfolg zum Reinigen und zum Abschleifen von Hausteinfaçaden benutzt, deren Steine bereits in Verwitterung begriffen waren.

Das Aetzverfahren wird namentlich bei Mamorsteinen, Kalksteinen (lithographischen Steinen), Perlmutter, Gyps und Alabaster, aber auch bei anderen Gesteinsarten angewendet. Die Aetzung geschieht meistens in folgender Weise: Nachdem die Steinoberfläche von allen etwa vorhandenen fettigen Bestandtheilen mittelst Schlämmkreide oder Aetzkalk und Weingeist gesäubert und mit reinem Wasser abgespült, sowie mit einem leinenen Lappen abgetrocknet worden ist, wird ein aus 6 Theilen Wachs, 2 Theilen Harz, 2 Theilen dickem Terpentin und 1 Theil Ultramarin (für weisse Steine) oder 1 Theil hellem Chromgelb (für farbige Steine) in Kamphin u. s. w. bestehender Aetz- oder Deckgrund heiss aufgetragen. Nachdem derselbe getrocknet ist, wird die Zeichnung mittelst Nadeln oder Stahlgriffeln ausradirt und die Steinfläche mit einem erhöhten Rande von Wachs versehen. Hierauf wird auf den Stein Schwefel-, Salz- oder Salpetersäure u. s. w. (bei Marmor und Dolomit verdünnte Schwefelsäure, bei Kalkstein uud Perlmutter verdünntes Scheidewasser, bei Gyps destillirtes Wasser, bei Granit, Diorit, Syenit und ähnlichen Gesteinen concentrirte Kieselfluorwasserstoffsäure u. s. w.) etwa 1·5 *cm* hoch aufgegossen und nach $1^1/_2$ bis 2 Stunden (je nach der gewünschten Tiefe) wieder vorsichtig abgegossen.

Sollen einzelne Theile der Zeichnung eine grössere Tiefe erhalten, so wird die Aetzung unterbrochen, sobald die zarten Theile der Zeichnung voll endet sind. Dieselben werden dann mit in Terpentin aufgelöstem Deckgrund überpinselt und nach dem Trocknen des Letzteren wird das Verfahren von Neuem begonnen und so oft wiederholt, bis alle Abstufungen (Töne) der Zeichnung erreicht sind. Schliesslich wird der Deckgrund mit Terpentin abgewaschen.

Soll die Zeichnung erhaben erscheinen, so wird sie mit Deckfirniss oder mit Kamphinlösung auf die Steinfläche aufgetragen und letztere geätzt.

§ 82. Das Färben, Anstreichen und Vergolden.

Ein Färben empfiehlt sich nur bei Gesteinen mit gleichmässigem porösen Gefüge und gleichmässiger Härte und besonders bei hellfarbigen homogenen Marmorsteinen und porösen Sandsteinen; bei Gesteinen anderer Art und

namentlich streifigen ist eine gleichmässige Färbung nur sehr selten zu erzielen, weil nur in den Poren der Farbstoff liegen bleibt. Soll eine Steinfläche gefärbt werden, so wird sie soweit fertiggestellt, dass sie nach dem Färben nur noch polirt zu werden braucht; alle schadhaften Stellen (Sprünge, Löcher) werden vor dem Schleifen ausgekittet und zwar bei Marmorsteinen am besten mit einem Brei aus Kreide und Wasserglaslösung.

Einen haltbaren gelben Farbenton auf weissem Marmor und Sandstein erhält man nach dem prämiirten Verfahren von Professor Dr. R. Weber in Berlin durch, in 85—90procentigem Alkohol aufgelöstes, eingedampftes, neutrales Eisenchlorid, das auf die erwärmte Steinfläche mittelst Pinsel oder Spritzflasche aufgetragen oder aufgegossen wird. (Siehe »Deutsche Industriezeitung« 1870, S. 496.)

Fioraventi giebt Marmorsteinen eine beliebige Färbung dadurch, dass er sie in einem Wasserbade bis 120^0 *C* erhitzt und zuerst mit Eisenvitriollösung, darauf mit Blutlaugensalzlösung behandelt, sodann mit Alaun beizt und sie hierauf mit einem Farbstoff tränkt. Der Farbenton wird mit Gummigut gelb, mit einer Asphaltlösung braun, mit Drachenblut roth, mit Asphalt und Drachenblut violett, mit Aloë und Terpentin grün. Dass die Steinfläche härter und die Färbung haltbarer wird, wenn man auf den Stein noch eine Wasserglaslösung und Chlorcalcium aufträgt, wie Fioraventi behauptet, muss bei porenarmen Marmorsorten nach den in Berlin gemachten Erfahrungen bezweifelt werden. (Vergl. »Handbuch der Architektur«, Theil I, Bd. I, S. 165). Vorzüglich bewährt hat sich die Färbung der Steine mittelst der Kessler'schen Farbfluate. (Vergl. § 83.)

Kunstgegenstände, Säulencapitäle und Ornamente werden häufig ganz oder theilweise vergoldet. Man verwendet hierzu eine Goldchloridlösung, welche unmittelbar auf den Stein aufgetragen wird, oder ganz dünnes, quadratisches Blattgold, das mittelst eines flachen und feinen Haarpinsels aufgelegt und mit einem Baumwollenballen leicht und gleichmässig angedrückt wird, nachdem die zu vergoldenden Stellen des Steines mit einem dünnen gleichmässigen Ueberzug versehen worden sind, welcher aus 2 Theilen Bleiweiss, 1 Theil

oder mit einer Mischung von Kautschuck, Leinöl, Terpentinöl und Kolophonium (besonders bei weichen Sandsteinen), auch mit Asphaltlack, mit Email-, Milch- und Käsefarben (z. B. bei Kalksteinen und Gyps) u. s. w. wurde zuweilen ein genügender Schutz, wenn auch meistens nur auf kürzere Zeit, erzielt. Wirksamer ist bei Sandsteinen die Verwendung einer Lösung von schwefelsaurer Thonerde und nach dem Trocknen derselben die Benutzung einer Wasserglaslösung, oder eine Tränkung mit Wasserglas und dann eine Tränkung mit einer Chlorcalciumlösung oder mit Barytwasser, bei Sandsteinen und Marmor die Tränkung mit einer Mischung aus weissem Schellack und Holzgeist, bei Dolomit, Kalkstein, Marmor und Kreide ein Ueberzug mit oxalsaurer Thonerde. Man hat aber auch bei thonreichem Sandstein mit einigem Erfolge kochend heisses Leinöl, bei manchen porösen Steinen auch heissen Steinkohlentheer oder Holztheer oder in Theer gelösten Asphalt verwendet. Aber alle diese Schutzmittel können wegen der verschiedenen Ausdehnung des Ueberzuges und des Steines bei schroffem Temperaturwechsel unter Umständen mehr Schaden als Nutzen bringen und günstigstenfalls nur für eine kurze Reihe von Jahren wirksam bleiben. Wasserglasanstriche lassen in die Steinporen nicht nur Kieselsäure, sondern auch kohlensaure Alkalien (Kali- und Natronsalze) eindringen, die das Gestein hygroskopisch machen, Ausblühungen hervorrufen und Ueberzüge (Anstriche) angreifen. Bei zu starker und zu häufiger Wiederholung des Wasserglasanstriches entsteht häufig ein spröder, sich leicht abblätternder Ueberzug, auch können mit Wasserglasanstrichen versehene Steine bei Frost leicht abschülfern. Bei Steinen mit dichtem Gefüge (z. B. Marmor) sind Wasserglasanstriche fast ohne Wirkung. (Vergl. § 250.)

Allein vorzüglich bewährt hat sich bislang nur eine Tränkung der porösen und weichen Steine, namentlich der Kalksteine, des Marmors, des Gypses, des Tuffsteines, der Sandsteine mit kalkigem Bindemittel, auch des Cementes, der Terracotten u. s. w., mit den von L. Kessler in Clermont-Ferrand erfundenen und ihm patentirten Fluo-Silicaten. Dies sollen Lösungen von Metallfluoriden in Kieselflusssäure sein, welche kohlensauren Kalk oder gelöschten Kalk in Fluorcalcium verwandeln, wobei Kohlensäure entweicht. Nach einer anderen Erklärung sollen die Fluate im Wesentlichen aus kieselflusssauren Salzen bestehen, die sich mit dem Kalk oder der Thonerde der Mauer zu äusserst festen, dichten und wetterbeständigen Doppelsilicaten umsetzen sollen. (Vergl. Dr. G. Bornemann, die Wetterbeständigkeit unserer Bauten, Leipzig 1896, S. 21 und 22.)

Am meisten werden die Fluate von Aluminium, Magnesium, Zink und Blei verwendet.

Nach Hauenschild*) dringt die Fluatlösung in den Stein ein und wird selbst schnell zu einer vollkommen dichten Steinmasse, indem sich hierbei hauptsächlich Flussspath und feste Kieselsubstanz bilden und gleichzeitig alle vorher im Steine vorhanden gewesenen löslichen Bestandtheile in eine unlösliche Form übergeführt werden. Hierdurch wird ein sehr hoher Grad von Wetterbeständigkeit und namentlich Frostbeständigkeit erzielt, das Schwarzwerden durch Flechten- und Moosbildungen verhindert, weil die

*) Ausführliches über Natur, Wirkungsweise und Bedeutung der Fluate findet man in dem Werke: »Die Kessler'schen Fluate« von Professor Hans Hauenschild. Berlin 1895, zweite Auflage.

Fluate gegen die Mikroorganismen sehr giftig wirken, die Festigkeit (besonders die Zugfestigkeit), sowie die Härte und der Widerstand gegen Abnützung vermehrt, ohne dass durch die wasserklaren dünnflüssigen Lösungen eine dem Auge wahrnehmbare Aenderung der Farbe und Structur der fluatirten Steinflächen herbeigeführt wird. Durch Versuche von Tetmajer, Hauenschild und Bauschinger wurde festgestellt, dass die Härtezunahme nach dem Fluatiren umso grösser ist, je weicher der Stein ist, und dass die Abnützungshärte bei allen geprüften Steinen nahezu die gleiche ist und durchschnittlich (bei hundert Umdrehungen einer mit Naxosschmirgel Nr. 3 bestreuten und das Probestück abschleifenden Gusseisenscheibe) 2·23 *mm* bei fluatirten Steinflächen, jedoch durchschnittlich 3·33 *mm* bei nicht fluatirten Flächen beträgt, die also eine Mehrabnützung von beinahe 50% erleiden. (Siehe »Handbuch der Architektur«, Bd. I, S. 116.)

Durch Verwendung der von Kessler eigens zu diesem Zwecke präparirten Farbfluate ist es auch möglich, dem Stein eine beliebige haltbare Färbung zu geben, ja sogar die weichsten und porösesten Kalksteine in vorzügliche Marmorimitationen umzuwandeln. Solche Kalksteine werden dann in dünne Platten geschliffen, die Oberflächen mit einem aus dem Schleifstaub des Kalksteines und hydraulischem Kalke gemischten Brei überschliffen und dadurch die Poren geschlossen und nach dem Trocknen das Ganze mit einer Fluo-Silicatlösung getränkt und dadurch politurfähig gemacht. (Siehe »Handbuch der Architektur«, Bd. I, S. 104.)

Endlich dient dieses Mittel auch zur Erhaltung und Reinigung verwitterter Façaden aus Kalkstein, Marmor und Sandstein mit kalkigem Bindemittel, welche durch das speciell hierfür präparirte Putzfluat ihre natürliche Farbe wiedererlangen.

Façaden aus denselben und anderen Steinmassen können auch von den Vegetabilien u. s. w. gereinigt werden durch scharfes Bürsten mit einer starken Auflösung von Kochsalz in Wasser oder mit stark verdünnter Salzsäure (1 Theil Salzsäure auf 4—10 Theile Wasser).

Für Sandsteine, Backsteine und Cementarbeiten lässt sich auch

physikalische und chemische Eigenschaften des Thones an dieser Stelle näher zu betrachten.*)

Der Thon besteht hauptsächlich aus den drei Stoffen: Thonerde, Sand und Mineralstaub (Schluff). Diese Bestandtheile finden sich bei den einzelnen Thonarten in den verschiedensten Mischungen. Oft ist die Zusammensetzung des Thones eine für eine bestimmte Verwendung völlig ungeeignete, so dass entsprechende Zusätze gemacht werden müssen.

Von der grössten Wichtigkeit für die Verwendung ist es, dass die Thonmasse eine vollständig gleichmässige Beschaffenheit (Homogenität) besitzt, dass sich an jeder Stelle eine gleiche Mischung von Thon, Sand, Mineralstaub u. s. w. befindet, also nicht ein Theil der Masse fetter als ein anderer ist. Ferner soll die Thonmasse gleichmässig gefärbt sein und nicht marmorirt erscheinen, auch soll sie keine Structur, Schichtung, Absonderung u. s. w. besitzen. Um Homogenität zu erreichen, ist die Thonmasse in geeigneter Weise zu bearbeiten, wovon noch im § 88 die Rede sein wird.

Der Thon vermag Wasser anzuziehen, in seine Poren aufzunehmen und festzuhalten; diese Fähigkeit ist eine grössere beim angefeuchteten Thon als beim trockenen. Die im Wasser gelösten, sowie färbende Stoffe bleiben nach Verdunstung des Wassers mit solcher Kraft am Thon hängen, dass es nicht möglich ist, sie auf mechanischem Wege wieder zu entfernen. Auch Gase (z. B. Kohlenrauch, der den Thon schwärzt), Oele, Salze, Säuren sowie pulverförmige und grobkörnige Stoffe können von dem angefeuchteten Thon angesaugt werden. Die Grösse des Absorptionsvermögens ist vom Wassergehalt der Thonmasse abhängig; es ist gering, wenn der Thon einen fein vertheilten, vollständig von Wasser durchzogenen Schlamm bildet, und wird erhöht beim Vorhandensein von Eisenoxydhydrat, weil dieses selbst Wasser und Lösungen aufzusaugen vermag. Das Wasseraufsaugevermögen ist auch beim fetten (möglichst reinen) Thon ein grösseres als beim mageren. In sehr reinem Zustande kann z. B. durchfeuchtetes Kaolin bis 70% Wasser aufnehmen, ohne zu tropfen, während magerer Thon und Lehm, sofern ihr Sandgehalt kein zu hoher ist, etwa 40—50% Wasser absorbiren können, ohne schlammig oder klebrig zu werden. Auch vermögen die mageren Thone das Wasser nicht so stark festzuhalten als die fetten Nach Zwick verdunsteten von den 70% Wasser beim sand- und kalkfreien Thon in vier Stunden bei 15° *C* Wärme nur 32%. »Der grössere Sand- und Kieselmehlgehalt,« schreibt Zwick (a. a. O. S. 86), »macht die mageren Thone lockerer, poröser, der Luft und somit der Verdunstung zugänglicher. Lehm trocknet also leichter aus, andererseits hat er aber auch grössere Fähigkeit, atmosphärische Niederschläge (Thau) durch seine Poren einzulassen, weshalb er nie so stark austrocknen kann als der Thon. Wird die Thonmasse durch Pressung verdichtet, so erfolgt natürlich die Wasserverdunstung um so langsamer.« —

*) Ausführliche Angaben enthalten die nachfolgenden, zu diesem Abschnitte hauptsächlich benützten Werke:

R. Gottgetreu, »Physikalische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien u. s. w.«. Berlin 1880, Bd. I.

Dr. H. Zwick, »Die Natur der Ziegelthone und die Ziegelfabrikation der Gegenwart«. Wien 1894, II. Aufl.

Dr. C. Bischof, »Die feuerfesten Thone u. s. w.«. Leipzig 1895, II. Aufl.

O. Bock, »Die Ziegelfabrikation«. Weimar 1894.

Das Absorptionsvermögen des Lehmes für Gase ist dagegen ein grösseres als das des Thones.

Sehr viele fette Thone besitzen, wenn sie mit einer bestimmten Wassermenge versetzt sind, die Eigenschaft, weitere Wassermassen entweder gar nicht oder doch nur sehr schwer aufzunehmen; man nennt diese Eigenschaft in der Praxis »Wassersteife«; sie macht den fetten Thon geeignet zur Verwendung als Dichtungsmittel.

Vermengt man den Thon mit Wasser, so wird er plastisch, d. h. bildsam, formbar, dehnbar und geschmeidig. Thonmassen, welche eine grosse Bildsamkeit besitzen, nennt man fett, die wenig plastischen mager. Der Grad der Plasticität hängt nicht nur von dem Gehalt des Thones an Sand, Mineralstaub u. s. w. ab, sondern auch von der Wassermenge, denn ein sehr dickflüssiger oder ein sehr dünnflüssiger Thonbrei lässt sich weniger leicht formen und kneten. Nach Türrschmiedt vertragen die Ziegelthone eine um so grössere Wassermenge, um einen bestimmten Grad der Weichheit und Plasticität zu erlangen, je mehr Thonsubstanz sie enthalten.

Die Plasticität ist von allen Eigenschaften des Thones unstreitbar die wichtigste; von ihr hängt hauptsächlich die Verwendbarkeit des Thones ab, auch stehen mit ihr andere Eigenschaften des Thones (z. B. Schwinden, Bindevermögen, Cohäsion) im Zusammenhang. Um den richtigen Grad der Plasticität zu erlangen, muss die Thonmasse, wenn ihr Thonerdebestandtheil zu hoch ist, durch geeignete und richtig zu bemessende Zusätze (z. B. durch Sand oder gebrannten und gemahlenen Thon) gemagert werden. Durch diese Magerung werden aber Schwindung, Wasseraufsaugevermögen und Bindekraft vermindert.

Ist die Thonmasse zu mager, so muss sie zur Erhöhung ihrer Bildsamkeit von ihren Verunreinigungen (Sand, Schluff, Kalk u. s. w.) durch Schlämmen u. s. w. befreit werden. Am meisten wird die Plasticität beeinträchtigt durch Sand, weniger durch Kalk und am geringsten durch Eisenoxyd. Nach Biedermann verliert der Thon seine Bildsamkeit bei einer höheren Temperatur als etwa 400° *C.* Noch zu erwähnen ist, dass sich plastische Thone schneller

Seiten hat, und es bilden sich bei den fetteren Thonen keine grösseren oder mehr Poren als bei den mageren.

Die Schwindung hört nicht etwa erst auf, wenn aus der Thonmasse sämmtliches Wasser durch Verdunsten entfernt ist, sondern schon früher vor vollständiger Austrocknung. Die vielfach verbreitete Ansicht, dass die Schwindung beim Austrocknen in einem geraden Verhältnisse zur Fettigkeit des Thones stehe, wurde durch die Untersuchungen von Aron (»Ueber die Wirksamkeit der Magerungsmittel in den Thonen«, »Deutsches Jahrbuch der Baugewerbe«, 1874, S. 160) und von Seger (Notizblatt, 1875, S. 333) widerlegt.

Aron fand, dass eine Magerung des Thones mit Sand bis zu einem gewissen Punkte, nämlich bis zur grössten Dichtigkeit der Masse, eine grössere Schwindung und Porosität hervorrief als beim reinen Thon, dass jedoch, wenn dieser Punkt, der selbstverständlich bei jedem Thon und jedem Magerungsmittel ein anderer ist, durch weitere Magerung überschritten wird, sich bei gleichem Wassergehalte in Raumtheilen eine Abnahme der Schwindung und eine Zunahme der Porosität zeigte. Ferner fand Aron, dass Thon, welcher mit Quarzsand vermischt wurde, von einem gewissen Punkte der Magerung an beim Brennen keine Zunahme der Dichtigkeit erlangte, sondern poröser wurde, und dass diese Porosität sich mit Zunahme der Brenntemperatur vergrösserte. Endlich ermittelte derselbe, dass ein Thon bei einem bestimmten Quarzsandgehalte bei derselben Brenntemperatur eine umso grössere Schwindung zeigte, je kleiner die Körner des Sandes waren, auch dass kohlensaurer Kalk, in einer bestimmten Menge in feinem Korn der Thonmasse beigemengt, die Schwindung im Ofenfeuer bedeutend verminderte. Nach Bischof schwinden Mischungen von fetten feuerfesten Thonen und Kreide am wenigsten, wenn der Kreidezusatz 25% beträgt.

Wird dem Thon eine so grosse Sandmenge hinzugesetzt, dass deren Körner von den Thonkügelchen nicht mehr vollständig umhüllt werden können, so erlangt die Mischung bei Wasserzusatz keine Bildsamkeit.

Die Porosität einer Thonmasse vermindert sich in der Regel mit zunehmender Schwindung, d. h. mit zunehmender Brenntemperatur, und sie lässt sich herabsetzen durch Vermehrung des Magerungsmittels, wobei die Korngrösse oder Feinheit des letzteren eine Rolle spielt. (Siehe Bischof, a. a. O. S. 29.)

Was das Verhalten des Thones in der Hitze anlangt, so ist zunächst zu bemerken, dass der getrocknete Thon beim Erwärmen auf etwa 300° *C.* sein chemisch gebundenes Wasser und andere flüssige Körper verliert, dass beim Brennen eine Oxydation der metallischen Verbindungen und eine Vernichtung der organischen Stoffe eintritt, sodann sich eine Verthonung, bei welcher die Masse porös, leicht zerreiblich, an der Zunge klebend und wasseraufnahmefähig wird und endlich bei höherer Brenntemperatur eine vollständige Verglasung (Klinkerung) bildet, wobei die einzelnen Bestandtheile der Thonmischung mehr oder weniger in Fluss gerathen. Die Zusammensinterung lässt sich durch geeignete Flussmittel (z. B. Alkalien, Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxyd, Kieselsäure, Feldspath u. s. w.) erheblich befördern. Nach Dr. Bischof und Richters üben äquivalente Mengen dieser Flussmittel auf die Schmelzbarkeit eines Thones denselben Einfluss aus, sofern sämmtliche Basen und die Thonerde bereits mit der Kieselsäure chemisch gebunden oder zu deren Bildung genügend lange

und entsprechend hoch genug erhitzt worden sind. Demnach sind gleichwirkend: 20 Gewichtstheile Magnesia, 28 Theile Kalk, 31 Theile Natron, 36 Theile Eisenoxydul, 40 Theile Eisenoxyd und 47 Theile Kali. (Siehe Bischof, a. a. O., S. 64 und 65.)

Bei einem Gehalte an Eisenoxyd und Kalk erfolgt der Garbrand einer Thonmasse schon bei einer geringeren Ofenhitze, beziehungsweise schneller, als wenn diese Bestandtheile fehlen. Reine Thonsubstanz ist selbst im stärksten Ofenfeuer unschmelzbar, und sie verwandelt sich in künstlich erzeugter bedeutender Hitze nicht in eine Glasmasse, sondern nur in eine zusammengefrittete, steinharte Masse. Diese hohe Feuerfestigkeit des reinen Thones wird durch Zusatz der oben genannten Flussmittel erheblich herabgemindert.

Bischof nimmt als Massstab zur Beurtheilung des pyrometrischen Werthes eines feuerfesten Thones an, wie viel Thonerde auf 1 Theil Flussmittel und zugleich wie viel Kieselsäure auf 1 Theil Thonerde kommt; je mehr Thonerde eine Thonmasse auf 1 Theil Flussmittel besitzt, desto grösser ist ihre Schwerschmelzbarkeit, je mehr Kieselsäure sie auf 1 Theil Thonerde führt, desto leichter ist sie schmelzbar. Von zwei Thonen ist hiernach derjenige der strengflüssigere, welcher eine grössere Menge Thonerde und zugleich eine geringere Menge Kieselsäure besitzt, und derjenige der feuerfestere, welcher ärmer an Thonerde und zugleich reicher an Kieselsäure ist. (Vergl. auch Zwick, Baugewerkszeitung, 1877, S. 30.)

Hat man aus der Gesammtanalyse einer Thonmasse ermittelt, wie viel Thonerde auf 1 Aequivalent Flussmittel (Flussmittelverhältniss) und wie viel Kieselsäure auf 1 Aequivalent Thonerde (Kieselsäureverhältniss) kommt, und theilt man den Flussmittelwerth durch den Kieselsäurewerth, so ist der Quotient nach Bischof (a. a. O., S. 67 ff.) der Feuerfestigkeit proportional. Bei den besten feuerfesten Thonen ist dieser Quotient 10—14 (auch darüber), bei den nicht feuerfesten (Ziegelthonen) unter 1.

E. Richters ist der Ansicht, dass die Schmelzbarkeit eines Thones von den Gewichtsmengen und Verhältnissen abhänge, in denen einerseits

zwischen Klinkerung und eigentlicher Schmelzung kann, wie seine Brennversuche mit Thon und Chamotte von Grünstadt (Rheinpfalz) ergaben, ein sehr grosser Temperaturunterschied bestehen.

Je reiner die Thonmassen sind, desto heller werden sie nach dem Brennen; im Allgemeinen ist die Farbe des gebrannten Ziegels eine rothe, wenn der Thon Eisenoxyd besitzt, eine gelbe beim Vorhandensein von Magnesia, eine weissliche bei einem Kalkgehalt des Thones und eine grünliche oder schwärzliche bei vorhandenem Eisenoxydul. (Vergl. auch § 85.)

Eigenthümlich ist die Eigenschaft des Thones, mit Wasser zu einem dünnen Brei angemacht, eine weit geringere Temperatur zu besitzen als die ihn umgebende Luft und erst nach fast vollständiger Verdunstung seiner Wassermasse wieder so warm wie die Luft zu werden. (Siehe Dr. F. Senft, »Die Thonsubstanzen«, Berlin 1879, S. 46.)

Ist der Thon getrocknet und haben sich seine Theilchen fest aneinander angeschlossen, so vermag er leicht Wärme in sich aufzunehmen und umso länger zu binden, je heller seine Farbe ist. Jedoch besitzt gebrannter Thon ein geringes Wärmeleitungsvermögen; deshalb wird empfohlen, weissen Thon (Kaolin) zur Umhüllung von Dampfkesseln und Dampfrohren zu verwenden.

Ueber die Einwirkung von Säuren auf den Thon ist Folgendes zu bemerken. Reiner Thon wird von verdünnter Salz- und Salpetersäure gar nicht gelöst, von concentrirter Schwefelsäure (bei 250—300° *C.*) und von Flusssäure sowie bei anhaltendem Kochen in Kalilauge dagegen zersetzt.

Vom Frost werden die Theilchen des nassen Thones so gelockert, dass bei Eintritt von Thauwetter die Thonmasse in lauter Krümel zerfällt.

§ 85. Die Verunreinigungen des Thones.

Zu den Beimengungen des Thones gehören: kohlensaurer Kalk, Gyps, Eisen, Alkalien, Schwefelkies, Magnesia, organische Stoffe, Kohle, Kies u. s. w., welche zum Theil erwünscht sind, zum Theil aber auch die Verwendbarkeit der Thonmasse sehr beeinträchtigen.

Fast alle Thonarten enthalten kohlensauren Kalk, der oft mit der Thonmasse innig vermischt und in ihr aufs Feinste vertheilt ist, oft aber auch in wenigen grösseren Stücken oder gröberen Körnern in der Thonmasse vorkommt. Seine Gegenwart vermindert die Bildsamkeit und erhöht die Schmelzbarkeit; sie beeinträchtigt die Wetterbeständigkeit des gebrannten Ziegels, sofern der Kalkgehalt ein grösserer ist, und verleiht demselben eine gelbliche Farbe, sie erleichtert das Verarbeiten der Thonmasse und liefert einen wenig schwindenden und wenig dichten Stein.

Beim Brennen des kalkhaltigen Thones verliert der Kalk seine Kohlensäure, und es bildet sich Aetzkalk (Calciumoxyd), der sich bei Zutritt von Feuchtigkeit in Calciumoxydhydrat (gelöschten Kalk) verwandelt und hierbei sein Volumen vergrössert. Ein grosser Kalkgehalt wird daher die gebrannten Ziegel, sobald sie der Witterung ausgesetzt werden, rissig machen und endlich zum Zerfallen bringen. Diese Gefahr liegt namentlich vor, wenn der Kalk im Thon in grösseren Stücken, Knollen, Knoten u. s. w., vorkommt. Man nimmt allgemein an, dass ein Kalkgehalt unter 20% dem Stein nicht schadet, sofern der Kalk im Thon gleichmässig vertheilt ist, dass aber ein Kalkgehalt

von 25% und darüber die Thonmasse zur Fabrikation von Ziegeln meistens untauglich macht. Einen durchaus wetterfesten Stein erhält man nach Seger noch aus einer Thonmasse, deren Gehalt an kohlensaurem Kalk 10—15% nicht überschreitet. Gewöhnlich enthält der Thon nur 2—3% kohlensauren Kalk und ist dann zur Herstellung von Klinkern gut geeignet, weil beim Brennen ein wetterbeständigeres Kalk-Thonerde-Silicat entsteht. Aus kalkreichen Thonen lassen sich jedoch nur sehr schwer Klinker fabriciren, weil Klinkerungs- und Schmelzpunkt bei solchen Massen sehr nahe beieinander liegen und leicht die richtige Temperatur, bei welcher die Klinkerung eben eintritt, verpasst wird. Daher geben solche Thonmassen selten gerade und vollkantige Klinker.

Kalkhaltige Steine lassen sich dadurch wetterfester machen, dass man sie scharf brennt und nach dem Austragen aus dem Ziegelofen sofort unter Wasser bringt; hierdurch bildet sich Kalkhydrat, das sich mit der durch den Brand aufgeschlossenen Kieselsäure zu einer erhärtenden Masse verbindet. Derartige Steine können auch zu Aussenmauern verwendet werden.

Nicht geeignet ist kalkhaltiger Thon zur Herstellung feuerfester Steine, weil dieselben einen Wärmewechsel nicht ertragen können.

Gyps (schwefelsaurer Kalk) ist nur dann von Nachtheil, wenn demselben beim Brennen nur sein Krystallwasser entzogen wird; in diesem Falle nimmt er später aus der feuchten Luft u. s. w. wieder Wasser auf, vergrössert hierbei sein Volumen und sprengt den Ziegel auseinander. Gypshaltiger Thon ist deshalb bei starker Hitze zu brennen, damit der Gypsbestandtheil auch seine Schwefelsäure verliert und später nicht auf dem Steine Ausblühungen (Efflorescenzen) entstehen. An denjenigen Stellen der Ziegel, wo sich solche Ausblühungen von schwefelsaurem oder kohlensaurem Kalk zeigen, setzen sich häufig Pilze an, welche auf der Steinoberfläche als schwarze Punkte erscheinen.

Ein Eisengehalt im Thon in Form von Eisenoxyd und Eisenoxydul ruft die Färbung, Verfärbung und Missfärbung in der Thonmasse hervor und befördert beim Brennen das Sintern derselben, so dass die Waare bei niedrigerer Temperatur gargebrannt werden kann. Schon sehr geringe Mengen Eisenoxyd können den Stein roth färben. Jedoch können die Steine

Besitzt der Thon neben Eisenoxyd auch noch kohlensauren Kalk, so wird er bei schwachem Brande ebenfalls roth, bei beginnender Sinterung fleischroth, weisslich bis dunkelgelb (durch Bildung eines gelblichen, basischen Silicates von Kalk und Eisenoxyd), bei vollständiger Verglasung grün bis schwarz. Gelb gefärbt wird noch die Thonmasse, wenn dieselbe auf je 1% in ihr enthaltendes Eisenoxyd mindestens 3—3·5% kohlensauren Kalk besitzt, und bei um so niederer Brenntemperatur und um so schneller, je mehr der Kalkgehalt dieses Mindestmass überschreitet. (Siehe Jahresbericht über die Fortschritte der chemischen Technologie, 1891. S. 782.)

Durch Kali und Natron wird zwar die Schmelzbarkeit der Thonmasse erhöht, andererseits aber auch die Wetterbeständigkeit der gebrannten Ziegel vermindert. Brennt man eine alkalienreiche Thonmasse mit einer schwefelhaltigen Kohle, so kann leicht schwefelsaures Kali oder schwefelsaures Natron entstehen, welche später den berüchtigten, die Ziegel bald zerstörenden Mauerfrass hervorrufen können. Dieser Mauerfrass (Mauersalpeter) bildet auf der Oberfläche der Ziegel einen schmutzigweissen, schmierigen Ueberzug, der durch Auswitterungen des Salpeters entsteht.

Besitzt die Thonmasse Magnesia (Bittererde), so ist sie in höherer Temperatur leicht schmelzbar, weil Magnesia das kräftigste Flussmittel darstellt. Magnesia verleiht dem gebrannten Stein eine mehr gelbliche Farbe und ist im Allgemeinen nicht nachtheilig. Wird jedoch magnesiareicher Thon mit sehr schwefelhaltiger Steinkohle gebrannt, so entsteht schwefelsaure Magnesia, welche ebenfalls ausblüht und die Dauerhaftigkeit der Ziegel erheblich vermindert.

Ein Schwefelkiesgehalt ist immer recht schädlich. Man findet Schwefelkies meistens in grauen Thonen. Beim Brennen entwickelt dieser Bestandtheil schweflige Säure, durch welche die Glasur der Steine rauh und glanzlos wird. An der Luft verwittern schwefelkieshaltige Thone sehr leicht, wobei aus dem Schwefelkies Schwefelsäure entsteht und diese mit im Thon vorhandenem Eisenoxydul, Kalk, Magnesia, Thonerde und Alkalien schwefelsaure Salze bildet, welche die Masse mürbe machen. Man kann den Schwefelkies durch starkes Glühen aus der Thonmasse entfernen; er wird durch die Hitze vollständig zersetzt, und es bildet sich, indem sich die schweflige Säure verflüchtigt, Eisenoxyd; hierbei erfolgt allerdings häufig ein Zerspringen des gebrannten Steines. Bei schwächerem Brande geht der Schwefelkies in schwefligsaures Eisenoxydul über, und es entsteht bei Einwirkung der Luft Eisenvitriol, das auswittert und den Stein in seiner Oberfläche ganz zerstört. Enthält die Thonmasse ausser Schwefelkies noch Kochsalz (Chlornatrium), so bilden sich beim scharfen Brennen Chlorwasserstoff und leicht lösliches Eisenchlorid, welche sehr nachtheilig auf den Ziegel einwirken.

Kiesbestandtheile zersprengen den Stein beim Brennen, weil sich durch die Erhitzung ihr Volumen vergrössert, während sich das der Thonmasse verkleinert. Organische Stoffe (Pflanzenreste, Wurzelknollen, Schnecken u. s. w.) vermindern die Festigkeit und Tragfähigkeit der Ziegel und verschlechtern das Aussehen derselben, weil sie im Ziegelofen verbrennen und dann Höhlungen in der Thonmasse erzeugen. Durch organische Stoffe wird letztere gewöhnlich grau, graublau, blau, braun oder schwärzlich gefärbt; beim Brennen unter genügendem Luftzutritt verwandeln sich diese Farben, wenn sie nur von organischen Stoffen erzeugt sind, in Weiss. Ein Gehalt

an Kohle vermindert die Bildsamkeit des Thones und erhöht die Porosität der gebrannten Waare; ist der Kohlengehalt ein grosser, so tritt beim Garbrennen eine sehr erhebliche Schwindung der Ziegel ein. Bitumen verleiht der Thonmasse eine dunkle Farbe und wird im Ofenfeuer vollständig zersetzt.

Zu den selteneren Beimischungen gehören (nach Bischof): Mangan, Vanadin, Cer, Titan, Chrom, Kobalt, Molybdän, auch Blei, Gold u. s. w., von denen einige auf die Thonmasse nachtheilig einwirken. So z. B. erzeugt Vanadin die unerwünschten gelblichen und grünlichen Färbungen der Ziegel und Chrom grüne Ausschläge auf der Oberfläche hellfarbiger Steine.

§ 86. Untersuchung der Thonmasse.

Eine sorgfältige Untersuchung der Thonmasse ist vor der Einrichtung einer Ziegelei, einer Porzellanfabrik u. s. w. dringend nothwendig, denn oft können in dem Thone kleine und mit dem Auge nicht mehr wahrnehmbare Mengen schädlicher Verunreinigungen (wie z. B. Spuren von Schwefelkies, Chlornatrium, schwefelsaurem Kalk u. s. w.) vorhanden sein, welche die Güte der fertiggestellten Waare sehr beeinträchtigen, unter Umständen sogar die Fabrikation ganz in Frage stellen. Durch die Untersuchung muss demnach festgestellt werden, ob sich die fragliche Thonmasse für den beabsichtigten Zweck eignet oder nicht, und wenn letzteres der Fall ist, welche Zusätze zu machen oder welche Bestandtheile zu entfernen sind, um einen brauchbaren Rohstoff zu erhalten. Freilich lässt sich auch durch längeres Probiren die Beschaffenheit der Thonmasse und ihre zweckmässigste Verwendung ermitteln, aber dieses Verfahren ist meistens recht zeitraubend und kostspielig und daher weniger zu empfehlen.

Die Untersuchung hat sich nicht nur auf die chemische Zusammensetzung der Thonmasse nach Art und Menge zu erstrecken, weil sich nach der chemischen Analyse allein die Güte und Brauchbarkeit des Thones nicht beurtheilen lässt, sondern auch auf die physikalischen Eigenschaften der Thonmasse selbst und ihrer einzelnen Gemengtheile, also auf die Bindekraft, Plasticität, Schwindung, Porosität u. s. w., sowie auf das Verhalten der Thon-

Dem Thonlager wird eine Durchschnittsprobe von 50—100 *g* Gewicht entnommen, an der Luft getrocknet, darauf in einem Achatmörser zerkleinert und schliesslich von den gröberen Bestandtheilen durch Sieben befreit. Aus diesem Pulver werden zur chemischen Untersuchung 5—6 Portionen genommen, deren jede nur ein Gewicht von 1—2 *g* besitzt.

Den Gehalt der Thonmasse an hygroskopischem Wasser bestimmt man dadurch, dass man eine Portion in lufttrockenem Zustande wiegt und dann bei einer Temperatur bis zu 120° *C* vorsichtig und so lange trocknet, bis zwei eine Stunde auseinanderliegende Wägungen übereinstimmen. Die Gewichtsdifferenz zwischen der lufttrockenen und der künstlich getrockneten Thonmasse ergiebt die Grösse des Wassergehaltes.

Die Wasseraufsaugekraft des Thones findet man, wenn man diese getrocknete Probe unter einer Glocke in eine feuchte Atmosphäre bringt und nach 8—10 Tagen wiederholt wiegt, bis der grösste Werth der Gewichtszunahme erreicht ist.

Zur Feststellung des Gesammtglühverlustes (Wasser, organische Bestandtheile, Kohlensäure) wird die Probe stärker oder (bei grösserem Kohlengehalt) wiederholt und unter Zuführung von Sauerstoff geglüht, bis sich ihr Gewicht nicht mehr verändert. Wäre die Beziehung zwischen Thonerde und chemisch gebundenem Wasser (bei Berücksichtigung des Eisens) eine stetig gesetzmässige, was noch nicht festgestellt ist, so würde man aus dem Gesammtglühverlust den Gehalt an organischen Bestandtheilen (Kohle) berechnen können. Enthält die Thonmasse sehr viel Kohle, so wird die Probe mit Schwefel- und Chromsäure im Kolben verbrannt und die sich bildende Kohlensäure gewogen.

Den Kieselsäuregehalt bestimmt man an einer neuen, scharf getrockneten Probe, indem man letztere mit der 8—10fachen Menge trockenen und reinen kohlensauren Natrons innigst vermischt und diese Mischung durch Glühen in einem Platintiegel allmälig (in etwa einer Stunde) zum vollständigen, gleichmässigen Schmelzen bringt, dann die Schmelze in Wasser aufweicht, mit Salzsäure versetzt, in einem Wasserbade vollständig eindampft, hierauf in einem Luftbade unter gelegentlichem Umrühren bei 110° *C.* 20—30 Minuten lang erhitzt, dann mit mässig concentrirter Salzsäure vollständig durchtränkt, etwa eine halbe Stunde lang ruhig stehen lässt, darauf auf dem Wasserbade erwärmt, mit Wasser verdünnt, 4—5mal digerirt und decantirt, zu der zurückbleibenden Kieselsäure 2—3mal einige Tropfen nichtconcentrirter Salzsäure giesst, die Kieselsäure endlich auf ein Filter bringt und mit heissem Wasser so lange auswäscht, bis ein Tropfen der Flüssigkeit auf einem Uhrglase keinen oder keinen grösseren Rückstand als das destillirte Wasser zeigt. Die Kieselsäure wird getrocknet und mit dem Filter vorsichtig erhitzt. Die Temperatur steigert man erst nach beendeter Verkohlung; den heissen Tiegel kühlt man ab und wiegt ihn. Schliesslich behandelt man die Kieselsäure noch mit reiner Flusssäure, um festzustellen, ob die Kieselsäure rein ist oder noch ein Rest (z. B. von Feldspath oder Mineraltrümmern) übrig bleibt, der noch besonders zu bestimmen ist. Diese Behandlung der Kieselsäure mit Flusssäure muss bei vorher stark erhitzten, besonders bei sehr heftig gebrannten feuerfesten Thonen immer geschehen, weil alsdann die Aufschliessung mittelst kohlensauren Alkalis nicht vollständig erfolgt und die Menge der Thonerde um mehrere Procente zu gering ermittelt wird.

Das Filtrat von der Kieselsäure wird mit etwas Chlorwasser aufgekocht und aus demselben noch heiss die Thonerde und das Eisenoxyd durch Zusatz von Ammoniak und Uebersättigung mit Essigsäure gefällt, dann wird die Flüssigkeit längere Zeit siedend gehalten, bis aller Geruch nach Ammoniak verschwunden ist, und mit siedendem, mit etwas essigsaurem Ammon versetztem Wasser ohne Unterbrechung bis zur 20.000fachen Verdünnung decantirt. Das Waschwasser wird vollständig durchs Filter gegossen, schliesslich der Thonerdeniederschlag daraufgespült und mit kochendem Wasser bis etwa zum 12fachen Volumen des ersteren ausgewaschen, bis das Waschwasser frei von Chlorsalzen ist. Die Thonerde wird nun getrocknet, in genügend starker Oxydationsflamme geglüht und wiederholt gewogen.

Zur Controle der Reinheit der Thonerde löst Bischof dieselbe in einem Kolben in dem reichlich überschüssigen Gemisch von 8 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure und 3 Theilen Wasser auf, wobei er auf 1 *g* Thonerde mindestens 16 *g* Schwefelsäure nimmt. Wenn sich hierbei wollige Flöckchen von Kieselsäure ausscheiden, so wird dieselbe abfiltrirt, ausgewaschen und gewogen und deren Gewicht, wenn sie sich bei der Behandlung mit Flusssäure als rein erweist, von dem der Thonerde und des Eisenoxyds abgezogen. Die Kieselsäure kann auch von Ammoniak herstammen.

Zur Bestimmung des Eisengehaltes wird aus dem Filtrat der grösste Theil der Thonerde mittelst Kali abgeschieden, das Eisen nochmals in Schwefelsäure gelöst, die Lösung mittelst eisenfreien Zinkes reducirt und mit Chamäleon titrirt. (Die Filter müssen mit verdünnter heisser Salzsäure vorher ausgewaschen werden, damit sie möglichst eisenfrei sind.)

In dem etwas eingeengten Filtrate von der Thonerde + Eisenoxyd wird durch Einrühren von Brom in die vollständig erkaltete, schwach essigsaure Lösung und durch Uebersättigen mit stark concentrirtem Ammoniak etwa vorhandenes Mangan (als Dioxyd) gefällt und nach raschem Kochen sogleich abfiltrirt.

Die nun vorzunehmende Fällung der Erden geschieht nach Bischof in folgender Weise. Die Flüssigkeit, welche eingeengt und übersättigt mit

Wasser aus; hierauf wird der ungelöst bleibende Sand in eine Porzellanschale abgespritzt, mit Salzsäure ausgekocht, filtrirt, ausgewaschen und gewogen.

Sind die Alkalien in grösserer Menge vorhanden oder will man sie getrennt bestimmen, so wird eine neue Portion mit Salzsäure und gasförmiger Flusssäure aufgeschlossen und dann mit Schwefelsäure zur Trockene verdampft, wobei kein oder höchstens ein kohliger, keinesfalls aber knirschender Rückstand bei nachheriger Lösung in Salzsäure verbleiben darf. Hierauf werden mit reiner, wenig überschüssiger Aetzbarytlösung die Schwefelsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Magnesia abgeschieden, und es wird das Filtrat der Fällungen mit kohlensaurem Ammoniak bei gelinder Wärme behandelt. Nach dem Abfiltriren des neuen Niederschlages wird die angesäuerte Flüssigkeit eingedampft, der Salmiak bei gelindem Glühen vertrieben, dann der gelöste Rückstand nochmals mit kohlensaurem Ammoniak ebenso behandelt, bis die Chloralkalien rein erhalten werden, worin dann das Kali mittelst Platinchlorid abgeschieden und bestimmt wird.

Ist die Anwesenheit von Titansäure zu erkennen, so wird nach Zersetzung des Thones mittelst Schwefelsäure die Titansäure aus der erhaltenen schwefelsauren Lösung nach starkem Verdünnen und Zusatz von schwefliger Säure durch anhaltendes Kochen in einem Kolben aus gutem böhmischen Glase bei wiederholtem Zusatz von concentrirter Lösung der schwefligen Säure gefällt. Die schweflige Säure muss das Eisenoxyd zu Eisenoxydul reduciren und so erhalten, sonst fällt leicht Eisenoxyd mit nieder.

Der Schwefelgehalt ergiebt sich, wenn man eine neue Portion Thon von mindestens 5 *g* Gewicht mit pulverisirtem chlorsauren Kali unter allmäligem Zusatz von mässig concentrirter Salpetersäure gelinde digerirt, dann unter wiederholtem Zusatz von Salzsäure bis zur Austreibung des Chlor kocht und nach Verdampfen des Salzsäureüberschusses die entstandene Schwefelsäure in der hinreichend verdünnten Flüssigkeit durch Chlorbaryum fällt.

Die freie Thonerde erhält man durch Schmelzen des Thones mit kohlensaurem Natron, Auslaugen mit Wasser, Abdampfen zur Trockene, Lösen in Salzsäure und Fällen mit Ammoniak.

Die freie Kieselsäure (Kieselsäureanhydrit) ergiebt sich, wenn ca. 5 *g* Thon wiederholt mit einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Natron ausgekocht werden.

Dies die Bischof'sche Methode zur chemischen quantitativen Analyse der Thonmassen. Aus der Beschreibung derselben geht hervor, dass die chemische Untersuchung eine recht mühsame ist und von einem Laien überhaupt nicht ausgeführt werden kann, sondern dass hierzu vielmehr ein erfahrener technischer Chemiker und ein wohleingerichtetes Laboratorium gehoren. Es empfiehlt sich, derartige Untersuchungen nur von Fachleuten anstellen zu lassen, welche mit solchen Arbeiten fast täglich beschäftigt sind. Zu den bekanntesten, sich mit chemischen Untersuchungen von Thonmassen befassenden Instituten gehören: das Laboratorium der Töpfer- und Ziegler-Zeitung zu Berlin N., Kesselstrasse 7, das chemische Laboratorium der Thonindustrie-Zeitung, ebendaselbst, Kruppstrasse 6, und das Laboratorium für Ziegel-, Kalk- und Cementindustrie von W. Olchewsky, ebendaselbst, Kesselstrasse 31. Auch übernimmt Doctor C. Bischof zu Wiesbaden die Untersuchung von Thonen, aus denen namentlich feuerfeste Waaren hergestellt werden sollen.

Bei der **mechanischen Untersuchung** werden die einzelnen Bestandtheile der Thonmasse (das wasserhaltige Thonerdesilicat, der Quarzsand, die Reste der nicht vollständig verwitterten Mineralien u. s. w.) bis zu einem gewissen Grade von einander getrennt und dann jeder einzelne für sich untersucht. Die Trennung kann auf trockenem oder auf nassem Wege erfolgen.

Bei dem trockenen Verfahren werden die gröberen Theile der Thonmasse von den feineren durch Sieben abgesondert, wobei mit weitmaschigen Sieben begonnen und schliesslich ein feines Haarsieb angewendet wird. Da das Sieben nur bis zu Körnern von 0·2 *mm* Durchmesser fortgesetzt werden kann und sich durch dasselbe kleinere Theilchen (Thonsubstanz, Schluff, Staub- und Streusand) nicht mehr trennen lassen, so kann man durch dieses Verfahren keine zuverlässigen Resultate erlangen und muss zur weiteren Trennung das Schlämmverfahren anwenden. Hierzu kann man stillstehendes oder bewegtes Wasser benützen. Hiernach unterscheidet man Sedimentation und eigentlichen Schlämmprocess.

In der Regel wird die Thonmasse vor dem Schlämmen mittelst Siebe mit 0·2 *mm* weiten Oeffnungen gesiebt, um die gröberen Bestandtheile vorläufig abzusondern, und vor dem Sieben noch $^1/_2$—1 Stunde lang mit wenig Wasser unter Umrühren gekocht, um organische Stoffe und kohlensauren Kalk nach Möglichkeit zu entfernen. Dann werden etwa 30 *g* der Masse in ein Champagnerglas von ca. 25 *cm* Höhe und 7 *cm* oberer Breite geschüttet, auf das Glas wird hierauf ein 50 *cm* langer, oben 7·5 *cm* und unten nur 2 *mm* weiter Trichter so aufgesetzt, dass sein unteres Ende bis auf den Boden des Glases reicht, und in denselben so lange Wasser gegossen, bis das ablaufende Wasser ganz klar ist. Der verbleibende Rückstand (Sand) wird dann getrocknet und gewogen. Die abgeschlämmte Masse schüttet man, nachdem sie sich im Wasser abgesetzt hat, nochmals in das Glas und setzt sie der Einwirkung eines Wasserstrahles bei einer Druckhöhe von 3·5 *cm* so lange aus, bis Theilchen nicht mehr abgeschlämmt werden. Der im Glase zurückbleibende Rest ergiebt den Schluff, welcher ebenfalls getrocknet

schwereren Bestandtheile, weiterhin die leichteren und feineren ab. (Siehe Bischof, a. a. O., S. 235.)

Auf diese Weise lassen sich die drei Hauptbestandtheile der Thonmasse (Thonsubstanz, Schluff und Sand) leicht von einander trennen, weil sie verschiedene specifische Gewichte besitzen; der im Gemenge etwa vorhandene kohlensaure Kalk kann jedoch durch das Schlämmverfahren nicht bestimmt werden, vielmehr hat diese Ermittlung auf chemischem Wege (wie oben beschrieben) zu geschehen. Die Stoffe Thonerde, Schluff und Sand lagern sich im Wasser über- oder nebeneinander ab, und zwar liegt gewöhnlich der Quarzsand als der schwerste (specifisches Gewicht = 2·6) zu unterst und die Thonsubstanz als die leichteste (specifisches Gewicht = 2·2) zu oberst, jedoch gehen diese Stoffe an der Grenze dieser Schichten allmälig in einander über, so dass sie nicht scharf von einander getrennt werden können. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 136.)

Durch den Schlämmprocess kann demnach eine absolute Trennung der Thonbestandtheile nicht erreicht werden.

Bei dem eigentlichen Schlämmverfahren verwendet man, wie bemerkt, fliessendes Wasser und benutzt vielfach den Schlämmapparat von E. Schöne*), eine Combination der Apparate von Schulze und Benningsen-Förder, aber auch den Schulze'schen Apparat, und zwar letzteren hauptsächlich für mechanische Untersuchungen von Ackererde (hierzu von Fresenius empfohlen). Endlich hat auch Bischof ein Schlämmverfahren für feuerfeste Thone in zweckmässigster Weise erweitert. Näheres über dieses und andere Verfahren findet man in dem Werke von Bischof »Die feuerfesten Thone«, II. Aufl., S. 76 ff.

Nach Seger (Notizblatt IX, S. 397 ff.) ist als Thonsubstanz zu bezeichnen, was mittelst des Schöne'schen Schlämmapparates bei einer Geschwindigkeit des Wasserstromes von nur 0·18 *mm* in der Secunde fortgeführt wird; mit Schluff, das bei dieser geringsten Stromgeschwindigkeit nicht vom Thon zu Trennende, demnach Alles, was eine Korngrösse von 0·01—0·02 *mm* besitzt und bei einer Stromgeschwindigkeit von 0·48 *mm* in der Secunde abgeschlämmt wird; mit Staubsand sind alle Stoffe zu bezeichnen, die eine Korngrösse von 0·025—0·04 *mm* haben und bei einer Stromgeschwindigkeit von 1·5 *mm* in der Secunde fortgeführt werden, und alle gröberen Stoffe mit grobem Sand.

Zur Untersuchung der Bindefähigkeit (Bindekraft), d. h. der Eigenschaft des Thones, andere pulver- oder grobkörnige Körper in grösserer oder geringerer Menge in sich aufzunehmen und nach dem Zusammentrocknen als einen Körper von einer gewissen mechanischen Festigkeit darzustellen, kann man verschiedene Methoden anwenden. Am einfachsten dürfte folgendes Verfahren sein: Man trocknet eine Thonprobe von 20—25 *g* Gewicht so lange über Schwefelsäure, bis sich kein Gewichtsverlust mehr ergiebt, schüttet dann die Masse in ein vorher gewogenes Becherglas und übergiesst sie mit destillirtem Wasser. Nach 12 Stunden zieht man das von der Thonmasse aufgesaugte Wasser vorsichtig wieder ab und wiegt es, nachdem es eine Stunde lang über Schwefelsäure gestanden hat. Je mehr Wasser der Thon hierbei aufgenommen hat, desto grösser ist sein Bindevermögen, denn man kann

---

*) E. Schöne, »Ueber Schlämmanalyse und einen neuen Schlämmapparat«, Berlin 1876.

dasselbe der Wasseraufnahme proportional annehmen. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 184.)

Die Bindekraft lässt sich aber auch aus der Bruchfestigkeit getrockneter Stäbe aus Mischungen von Thon und Quarzsand bestimmen. Hierzu kann man den im § 221 näher beschriebenen Dr. Michaelis'schen Zugfestigkeitsapparat benützen. (Siehe auch am Schluss dieses Paragraphen.)

Zur Bestimmung der Plasticität formt man aus der angefeuchteten und gut durchgekneteten Thonmasse Kugeln verschiedenen Durchmessers, drückt dieselben bis auf die Hälfte ihres Durchmessers zu einem flachen Kuchen zusammen und beobachtet den Grad und die Art des Schwindens. Bei grösserer Bildsamkeit werden sich am Umfange der Kuchen weder Risse noch Sprünge zeigen. Oder man formt aus der Masse ein cylindrisches Stück und legt dasselbe zu einem Ringe zusammen, wobei es weder auseinanderreissen, noch Sprünge bekommen darf, auch soll sich ein fingerdicker Cylinder wiederholt nach verschiedenen Seiten durchbiegen lassen, ohne zu zerreissen. Um die Plasticität zweier Thonarten zu vergleichen, macht man Proben gleichen Inhaltes mit der gleichen Masse Wasser an und formt aus ihnen mittelst der Henkelpresse gleich dicke Fäden, lässt dieselben frei herabhängen und misst ihre Länge, bei welcher sie durch ihr eigenes Gewicht abreissen. Um unter zwei sonst sehr gleichartigen Thonen den fetteren (thonerdereicheren, sandärmeren) zu ermitteln, schlägt Bischof (a. a. O., S. 92) vor, die Wassermengen zu messen, welche nothwendig sind, um aus einer bestimmten, abgemessenen Menge der beiden Thone eine gleich formbare Masse herstellen zu können; die fettere Masse erfordert einen grösseren Wasserzusatz als die magere.

Die Schwindung untersucht Aron (siehe sein Werk »Plasticität, Schwindung und andere Fundamentaleigenschaften des Thones«), indem er den Thon mittelst des Schöne'schen Schlämmapparates bei einer Geschwindigkeit des Wassers von nur 0·008 *mm* in der Secunde abschlämmt, dann bis zur Annahme einer Teigdicke eintrocknet, hierauf die Masse in einer Gypsform auf einem nassen Tuch zu einer mässig dicken, cylindrischen Scheibe formt, dieselbe

trocknet und endlich von Neuem wiegt. Die Gewichtsdifferenz ergiebt die Porosität, doch ist hierbei zu berücksichtigen, dass die Thonmasse ausser den eigentlichen Poren auch noch natürliche Hohlräume und Luftblasen enthalten kann. Die Porosität eines gebrannten Steines kann man auch dadurch prüfen, dass man auf verschiedene Stellen seiner Oberfläche Wassertropfen fallen lässt und beobachtet, in welcher Zeit das Wasser vom Stein eingesaugt wird. Für ungebrannten Thon wendet Olchewsky Toluol an, durch welches der Thon nicht angegriffen wird. Endlich kann man auch zur Ermittlung der Porosität das in § 221 beschriebene Volumenometer benutzen, wobei aus dem ermittelten Volumen und dem Gewichte das specifische Gewicht berechnet wird.

Empirisch kann man die Untersuchung einer Thonmasse in der Weise führen, dass man die Thonmasse sowohl unvermischt als auch mit verschiedenen Mengen reinen Quarzsandes vermengt den Einwirkungen des Ofenfeuers aus setzt. Diese Proben werden bei verschiedenen Temperaturen gebrannt, beziehungsweise geglüht und auf ihre Schwindung, Schmelzbarkeit, Farbe u. s. w. nach den verschiedenen Stadien des Brandes untersucht.

Da selbst die sorgfältigste chemische Untersuchung nicht immer einen sicheren Aufschluss über das Verhalten der Thonmasse im Feuer gibt, so muss noch eine **pyrometrische** Untersuchung vorgenommen werden. Es handelt sich hierbei um die Feststellung, ob eine Thonmasse leicht oder schwer schmelzbar ist, bei welcher Temperatur sie sintert und bei welcher sie schmilzt. Um zuverlässige Resultate zu erhalten, muss die ganze Thonmasse gleichmässig geglüht und die Schmelztemperatur mit möglichster Genauigkeit gemessen werden. Zu dieser Messung benutzt man vielfach das Pyrometer, obwohl man mit demselben die Schmelztemperatur nur annähernd richtig erhält, auch das Pyroskop (den sogenannten Schmelzanzeiger), ferner die Gussstahl-, Schmiedeeisen- und Platinschmelzhitze, wobei man jedoch nur feststellen kann, ob die Thonmasse bei einer dieser Temperaturen oder darüber oder darunter zum Schmelzen gebracht wird. Ein gleichmässiges Durchglühen der ganzen Thonmasse während einer bestimmten Zeit kann nur in einem Schmelzapparat erzielt werden, in dem sich alle Verbrennungsvorgänge beobachten lassen und die Verbrennung sorgfältig geregelt werden kann. Solche Apparate sind z. B. die Gebläseöfen von Sefström und Déville. (Eine genaue Beschreibung des Déville'schen Ofens findet man u. A. im »Handbuch der chemischen Technologie« von Dr. F. Fischer, Leipzig 1893, S. 787.)

Ferner ist zur richtigen Ermittelung der Feuerfestigkeit einer Thonmasse festzustellen, in welchem Augenblick die Schmelzung beginnt, diese Ermittlung ist sehr schwierig, weil einige Thonarten bei ihrer Erweichung nur eine glasige Rinde erhalten, andere sich hierbei aufblähen, blasig und schlackig werden, wieder andere zu einer Glasmasse oder zu einer glänzenden Emaille zerfliessen u. s. w. Zur Kennzeichnung der Schmelzung vergleicht C. Bischof (a. a. O. S. 129 und 130) den Bruch der geglühten Thonmasse mit dem Bruch des Porzellans und der Fayence. Die Bruchfläche des Porzellans ist halbglasig, wasserdicht und klebt nicht an der Zunge, während diejenige der Fayence keine Verglasung zeigt, sondern erdig erscheint, an der feuchten Lippe hängen bleibt und Wasser ansaugt. Ferner lässt sich Fayence feilen, wobei ein dumpfes Geräusch entsteht, während Porzellan nur schwer von der Feile angegriffen und beim Feilen desselben

ein helles Knirschen erzeugt wird. Zieht man mit einer mit Tinte oder einer anderen gefärbten Flüssigkeit gefüllten Schreibfeder einen Strich auf die Bruchfläche des Porzellans, so erscheint die Linie scharf markirt, auch wird die Flüssigkeit nicht eingesaugt, während sie an der Bruchfläche der Fayence sofort einzieht und der Strich unrein und blass gefärbt aussieht. Mittelst dieser einfachen Methode lässt sich leicht feststellen, ob die Thonmasse bei einer bestimmten Temperatur geschmolzen ist oder nicht.

In den meisten Fällen genügt es, den auf seine Feuerfestigkeit zu prüfenden Thon mit einem Normalthon, d. h. mit einem für den beabsichtigten Zweck als brauchbar erkannten Thon zu vergleichen, nachdem man beide bei derselben Temperatur und während derselben Zeit geglüht hat.

Durch die pyrometrische Untersuchung soll auch häufig festgestellt werden, inwieweit sich die Thonsubstanz an der Schmelzbarkeit betheiligt. Diese Ermittlung bereitet grosse Schwierigkeiten, besonders bei Ziegelthonen. Ausführliche Angaben hierüber sowie über die Normalthone und überhaupt über die pyrometrische Untersuchung findet man in dem wiederholt angeführten Werke von Dr. C. Bischof: »Die feuerfesten Thone«, II. Aufl., S. 118—142.

Ein einfaches Verfahren, um einen Thon vor dem Brennen zu prüfen, ob er noch mit Quarzsand vermengt werden kann, ohne seine Strengflüssigkeit zu verlieren, mag zum Schluss noch erwähnt werden. Man trocknet die mit Sand vermischte Thonmasse und streicht sie mit dem Zeigefinger; wenn sie dabei abstäubt oder wenn sie, mit dem Finger gerieben, an demselben keine Spuren hinterlässt, so ist die Grenze des Quarzzusatzes erreicht. Ein derartig vermischter Thon würde sich bei Gussstahlschmelzhitze nur mit einer flachen Flussrinde vollständig überziehen.

Die Untersuchung der gebrannten Steine (Ziegel) wird später erläutert werden. (Siehe § 94.)



§ 87. Die Gewinnung der Ziegelthone.

lange sich haltende Wasseransammlungen (weil dieselben durch thonigen Boden am Eindringen gehindert werden).

Die Gewinnung des Thones aus den Gruben erfolgt am besten im Sommer oder Herbst, weil dann die Thonmasse gewöhnlich eine geringere Feuchtigkeit und eine geringere Schwere besitzt und sich demnach die Förderungskosten niedriger stellen als im Winter, wo die Lösung der hartgefrorenen Thonmassen grössere Schwierigkeiten bereitet. Trotzdem geschieht der Abbau auch vielfach im Winter wegen der niedrigeren Arbeitslöhne und weil die Thonmasse durch die Einwirkung von Frost, Feuchtigkeit und Wind sehr gut vorbereitet und aufgeschlossen wird. Um dann die Schwierigkeit des Loshauens möglichst zu verringern, werden die Arbeitsstellen mit Strohmatten u. dgl. bedeckt und dadurch die Thonmassen gegen eine zu starke Frosteinwirkung geschützt.

Bei der Anlage eines Tagebaues werden zunächst die Abraummassen, d. h. die über dem Thonlager liegenden Humus-, Sand- und Geröllmassen u. s. w. abgeschaufelt und in einer solchen Entfernung von der Förderstelle gelagert, dass eine Verunreinigung des Ziegelthons durch sie ausgeschlossen ist. Soll die abgegrabene Fläche später wieder als Ackerstück benützt werden, so hat man die Ackerkrume in der Weise zu lagern, dass eine Wiederbedeckung der Fläche mit ihr leicht und billig zu bewirken ist.

Auch die oberste Schicht des Thonlagers wird fortgeworfen oder zur Herstellung minderwerthiger Waaren verwendet.

Nach ihrer Beseitigung wird der Thon mittelst der Platt- oder Breithacke (siehe Fig. 4), der Kreuz- oder Keilhaue (siehe Fig. 5) oder der Spitzhaue (siehe Fig. 6) oder der Schippe (bei lockereren Thonarten) in regelmässige, rechteckige oder quadratische Stücke von gleicher Dicke und nahezu gleichem Gewicht lagenweise abgestochen, wobei der Abbau nach der Vorschrift der deutschen Ziegelei-Berufsgenossenschaft in Strossen oder Terrassen vorzunehmen ist. Weiter schreibt diese Berufsgenossenschaft vor, dass die Höhe der Absätze der Beschaffenheit des Rohstoffes und der Lagerstätte entsprechend eingerichtet und erhalten werden soll, sich jedoch diese Höhe zur Breite des Absatzes wie 1 : 3 verhalten muss, ferner, dass ein Unterhöhlen, Unterschrämen und Fällen der Arbeitsstösse zu verbieten und nur ausnahmsweise bei festem Thon und bei Frost unter strenger Aufsicht oder Anwendung grösster Vorsicht zu gestatten ist, dass jedoch dann der Aushieb oder die Unterhöhlung nur eine Tiefe bis zu 50 *cm* und der Arbeitsstoss eine Höhe bis zu 1·5 *m* erhalten und sich während des Niedertreibens oder Fällens der Wand kein Arbeiter in der Nähe derselben aufhalten darf. Endlich verbietet die Berufsgenossenschaft das Unterschrämen und Fällen der Thonwände ohne besondere Aufsicht und das Unterschrämen loser, lockerer Massen.

Bei der Gewinnung werden die Thonmassen von allen gröberen Verunreinigungen, Steinen, Mergelknollen u. s. w. befreit und entweder in prismatische Haufen (sogenannte Halden) aufgeschichtet, um sie überwintern zu lassen, oder der directen Vorbereitung und Verarbeitung mit Maschinen übergeben. Der Transport geschieht mittelst Schub- und Handkippkarren oder durch Förderwagen (Kippwaggons) mit Pferde- oder Dampf- (Locomotiv-) Betrieb und auf eisernen Schienen (sogenannten Feldeisenbahnen). Bei sehr coupirtem Terrain, auf dem Schienen nicht verlegt werden können, hat man in neuerer Zeit auch den Seilbetrieb (Drahtseilbahnen) eingeführt.

Da Thonschichten, wie bereits im § 85 hervorgehoben wurde, je nach ihrer Plasticität mehr oder minder wasserundurchlässig sind, sobald sie die »Wassersteife« erreicht haben, so sammelt sich über ihnen Wasser an, das beim Abbau möglichst rasch und vollkommen abgeleitet werden muss, um die Gewinnung des Thons nicht zu erschweren. Kann man die Wassermassen nicht durch Rinnen oder Röhren nach einer Sammelgrube leiten, so hat man Wasserhebemaschinen zu benützen. Die Verwendung von Kolbenpumpen (hölzernen Kastenpumpen oder einfachen Blechpumpen) empfiehlt sich hierbei weniger wegen der vielfachen Betriebsstörungen und der starken Abnutzung des Kolbens bei Abführung des immer sandigen und schlammigen Wassers. Weit besser geeignet sind Wasserschnecken (archimedische Wasserschrauben), die bis ca. 6 *m* Förderhöhe verwendbar sind. Man unterscheidet offene und geschlossene Wasserschnecken; erstere besitzen eine Schneckenlange von nicht über 12 *m*; sie werden unter einem Winkel von höchstens 30° zur Wagrechten aufgestellt und durch Hand-, Pferde- oder Dampfkraft, aber auch durch Wasser- oder Windkraft so schnell in Umdrehung versetzt, dass sie in der Minute 70—80 Touren machen. Die Schneckenlänge der Mantelschnecken beträgt nicht über 10 *m*, ihr Neigungswinkel nicht mehr als 45° und ihre Tourenzahl ca. 50. Die Wasserschnecken dürfen nur bis zur Hälfte oder höchstens bis zu zwei Drittel ihrer Länge unter Wasser liegen, um einen möglichst grossen Nutzeffect zu erlangen; sie werden mit ihrem unteren (unter Wasser liegenden) Ende an einem Haspel aufgehängt, mit welchem die Lage der Schnecke nach dem veränderlichen Wasserstande geregelt werden kann. Empfehlenswerth sind auch ihres ziemlich hohen Nutzeffectes wegen Centrifugal- oder Kreiselpumpen, die bei Förderhöhen bis zu 9 *m* benützt werden können und am besten durch Dampfkraft betrieben werden, ferner Pulsometer (sogenannte kolbenlose Zweikammer-Dampfpumpen) für Druckhöhen von 5—25 *m*, sodann die Heladay'sche Windradpumpe und endlich die Membranpumpe von Hausmann in Magdeburg.

Zur Gewinnung des Thones aus Lagern, die ganz unter Wasser (Flüssen, Seen u. s. w.) liegen, werden Trockenbagger verwendet, welche jedoch

mern von verschiedener Länge, Breite und Höhe angelegt und ebenfalls verzimmert werden.

§ 88. Die Vorbereitung der Thonmasse.

Allgemeines. Auf die Wichtigkeit der Homogenisirung der Thonmasse, d. h. auf die gleichartige Vertheilung und Mischung aller ihrer Bestandtheile nach Menge und Beschaffenheit wurde bereits im § 84 hingewiesen. Von ihr hängt wesentlich die Güte der fertigen Waare ab, und sie vermehrt oder vermindert sich in dem gleichen Verhältniss, in welchem die Homogenität zu- oder abnimmt.

Da die natürliche Thonmasse nur sehr selten eine solche Zusammensetzung und Mischung besitzt, dass sie unmittelbar verarbeitet werden kann und gebrannt Steine u. s. w. von gutem Aussehen liefert, so ist fast immer eine sorgfältige Vorbereitung nothwendig, durch welche alle gröberen und feineren Verunreinigungen (wie z. B. Thonklumpen, Kalk- und Mergelknollen, Steinbrocken, Geröllstücke, Wurzeln u. s. w.) zu beseitigen oder, falls dies nicht angängig ist, möglichst fein zu zerkleinern und gleichmässig zu vertheilen, Structur und Schichtungen (Absonderungen, Streifungen, verschiedenartige Färbungen u. s. w.) zu zerstören und die Hauptbestandtheile (Thon, Schluff und Sand) innig zu mischen und nöthigenfalls mit entsprechenden Zusätzen zu versehen sind, oder durch welche ein Ueberschuss des einen oder anderen Bestandtheiles zu entfernen, sowie auch die Thonmasse aufzulockern und zur Wasseraufnahme geeignet zu machen ist.

Diese Homogenisirung und Mischung kann auf nassem oder auf trockenem Wege erfolgen.

I. Homogenisirung auf nassem Wege. Um Ziegelthon streichgerecht und formbar zu machen, wurde derselbe bis vor wenigen Jahren in Deutschland fast ganz allgemein, aber auch in anderen Ländern sehr häufig nur ausgewintert, eingesumpft und dann mittelst Menschen- oder thierischer Kraft durchgearbeitet (getreten), bevor er auf den Streichtisch gebracht wurde. Da dieses Verfahren auch noch heutzutage vielfach, besonders im Kleinbetriebe, angewendet wird, soll es hier in Kürze beschrieben werden.

a) Auswintern. Man gräbt den Thon im Herbst aus und schichtet ihn etwa 60—80 *cm* hoch in sogenannte Halden auf, die nach Zwick am besten in der Richtung der kältesten Winde, also von Nordost nach Südost, und dammartig (nach oben spitz zulaufend) angelegt werden. Diese Halden macht man gewöhnlich 2—3·5 *m* breit und trennt sie durch schmale Gänge von einander; ihre Länge kann beliebig gewählt werden. Hier bleibt die Thonmasse nun zumeist während des ganzen Winters liegen, so dass Frost, Nässe und Wind auf sie gehörig einwirken können, wodurch ihre Theilchen aufgelockert und gleichmässig durchfeuchtet und lösliche Verbindungen ausgewaschen (ausgelaugt) oder in feste umgewandelt werden. Damit der Frost die Thonmasse leicht und vollständig durchdringen kann, schichtet man die letztere nicht nur mässig hoch auf, sondern sticht sie auch während des Winters wiederholt um, wodurch neue Berührungs- oder Angriffsflächen geschaffen werden, auch tränkt man sie gehörig mit Wasser, damit die Masse beim Gefrieren desselben möglichst kräftig zersprengt und beim Eintritt des Thauwetters gleichmässig aufgelockert werde. Die Wirkung

des Auswinterns ist je nach der natürlichen Beschaffenheit der Thonmasse, ob dieselbe fett oder mager, fest oder bröckelig ist, naturgemäss eine ganz verschiedene. Der Erfolg ist ein umso grösserer, je mehr Wasser der Thon enthält und je öfter ein Durchfrieren und Wiederaufthauen desselben eintritt. Daher ist er in regenreichen und strengen Wintern grösser als in regenarmen und milden.

Beim Auswittern wird Schwefelkies in schwefelsaures Eisenoxydul verwandelt, welches mit etwa im Thon vorhandenem kohlensauren Kalk kohlensaures Eisenoxydul und Gyps (schwefelsauren Kalk) bildet; durch diese Umwandelungen wird die Thonmasse weiter aufgelockert. Ein Theil dieser schwefelsauren Verbindungen wird durch Regenwasser ausgelaugt, ein anderer beim späteren Brennen der Thonmasse zersetzt. Die im Thon stets vorkommenden organischen Bestandtheile verwesen durch Feuchtigkeit und Wärme und reduciren die Eisenoxydverbindungen, so dass gleichfalls lösliche Eisenoxydulsalze entstehen.

b) Aussommern und Dörren. Sehr bröckeligen, fetten, ungleichartig gemengten Thon, der durch das Auswintern meistens nicht genügend vorbereitet werden kann, lässt man noch aussommern, d. h. durch die Einwirkung von Sonne und warmer Luft knochenhart werden. Er wird dann am besten auf Hürden oder Lattenböden 15—20 *cm* hoch aufgeschichtet, damit ihn die warme Luft allseitig bestreichen kann. Eine so ausgetrocknete Masse saugt sehr begierig Wasser auf, verliert durch diese starke Wasseraufnahme seine ursprüngliche Form vollständig, zerfällt und wird durchaus homogen. Da diese starke Austrocknung im nassen Sommer nicht zu erreichen ist, so empfiehlt sich eine künstliche Austrocknung solcher Thonmassen in Darrkammern. Der an der Sonne oder künstlich getrocknete Thon darf jedoch nicht an feuchter Luft gelagert werden, weil er dann Nässe aufsaugt und schwerer einzusumpfen ist; er ist vielmehr gleich mit so viel Wasser zu begiessen, als er aufzunehmen vermag. Das Aussommern wird von Thürrschmiedt auf das Wärmste empfohlen.

c) Sumpfen. Im folgenden Frühjahr wird der gut ausgewinterte Thon

Thon mit Sand, Farbenlehm u. s. w. zu vermengen, so bringt man diese Magerungsmittel, sofern sie nicht schon beim Auswintern der Thonmasse zugeführt wurden, mit in den Sumpf, und zwar mit dem Thon in abwechselnden dünnen Schichten ein. In diesem Falle ist der Thon später beim Entleeren des Sumpfes senkrecht abzustechen, um hierbei schon eine Vermischung der Massen herbeizuführen.

Die Sumpfgruben erhalten gewöhnlich eine Länge von 3—4 *m*, eine Breite von 1·2—2 *m* und eine Tiefe von 1·0—1·5 *m*; ihre Zahl richtet sich nach der erforderlichen Zeit des Sumpfens und der Grösse des Betriebes (dem Inhalte der täglich zu formenden Masse). Gewöhnlich legt man deren drei an, so dass dann die erste leer gearbeitet werden kann, während die zweite gefüllt bleibt und die dritte mit Thonmasse gefüllt wird. Die Gruben sind wasserdicht, am besten aus Mauerwerk in Cementmörtel, herzustellen und liegen zweckmässig unter einem Dach. In ihnen soll der Thon mindestens 24 Stunden lang liegen bleiben, bevor er abgestochen wird. Der Thon ist gar, wenn herausgenommene Stückchen bis zur Mitte gleichmässig durchnässt erscheinen und sich mit den Fingern leicht formen lassen. Bringt man zu grosse Stücke in zu viel Wasser, so behalten sie einen harten Kern und werden von ganz weichem Schlicker umgeben; man nennt dann den Thon »ersäuft«.

Der gare Thon wird, falls er nicht mit Sand u. s. w. in der Grube vermischt wurde, am besten in der Weise aus dem Sumpf herausgeschafft, dass man sich zunächst einen Stand bis auf die Sohle hinunterarbeitet und dann die unteren Partien zuerst fortnimmt; dann stürzen die oberen nach, wobei sie sich nochmals vermischen. Beim Entleeren des Sumpfes sind ungare Thontheile auszusondern und in die Grube zu schaffen, welche gerade beschickt wird.

Die gesumpfte Thonmasse wird in den Thonschneider, manchmal auch unmittelbar auf den Streichtisch gebracht, zuweilen auch noch durch Treten oder Befahren weiter homogenisirt.

In neuerer Zeit hat man auch mit Erfolg zum Einsumpfen die archimedische Schnecke sowie Wasserdampf benützt; Näheres hierüber findet man in der »Töpfer- und Ziegler-Zeitung«, 1886, Nr. 38 und im »Leitmeritzer Centralanzeiger«, 1887, Nr. 3.

d) Treten und Befahren. Der am besten unter einem Dach anzulegende Tretplatz (Trettenne) wird mit einer niedrigen Mauer umgeben oder mit einer Holzwand eingefasst sowie gedielt; seine Grundfläche ist meistens und bei Anwendung von Fahrrädern immer kreisförmig. Auf ihr lässt man den Thon entweder von Arbeitern mit blossen Füssen oder auch, wiewohl heutzutage nur noch sehr selten, von Thieren (namentlich Ochsen) treten oder durch Fahr- oder Karrmaschinen und Radbahnen durchkneten.

Die Fahr- oder Karrmaschinen bestehen gewöhnlich aus einem, mit Steinen belasteten Karren, welcher mit 2 breiten, gleich oder ungleich hohen Rädern oder mit Mühlsteinen ausgestattet und an einem, mit einer gekämmten eisernen Schiene versehenen und sich um eine, in der Mitte der kreisrunden Fahrbahn aufgestellte, feste Welle drehenden Langbaum befestigt ist. Die Bewegung des Karrens geschieht in der Regel mit Hilfe eines Pferdegöpels. Die auf dem Langbaum befestigte Schiene dient dazu, um den Wagen nach Zurücklegung einer Tour mittelst einer Winde oder eines Zahnrades um

einen Kamm verschieben und somit den Radius verändern zu können. Die Räder arbeiten die Thonmasse kräftig durch und zerquetschen die gröberen Beimengungen (Steine, Mergelknollen, Wurzeln u. s. w.), so dass also durch sie die Arbeit des Thonschneiders unter Umständen ersetzt werden kann.

Empfehlenswerth ist die Verwendung des Apparates von Olchewsky, bei welchem die Veränderung des Radius für das rotirende Rad selbstthätig und ununterbrochen erfolgt; dieser Apparat wird von der Maschinenfabrik von Knövenagel in Hannover gebaut. Von ähnlicher Construction ist der Apparat von Clausen in Broager (Schleswig).

Da magerer Thon eine geringere Bildsamkeit besitzt als fetter, so braucht er auf der Trettenne meistens nicht so lange und auch nicht so kräftig durchgearbeitet zu werden als dieser. Beim Treten, beziehungsweise Befahren, muss der Thon, sobald er zu steif wird, allmälig und gleichmässig mit Wasser besprengt werden; man benutzt hierzu eine Giesskanne mit Brause.

Handelt es sich nicht um die Herstellung von Ziegeln, sondern um die von feineren Thonwaaren, so reicht die Homogenisirung mittelst Tretens und Befahrens nicht aus; aber auch bei Ziegelthonen bildet das Kneten mit Händen und Füssen immer ein sehr kostspieliges Vorbereitungsverfahren. Bei Dachziegeln wird die Thonmasse zur Erhöhung ihrer Geschmeidigkeit mitunter durch ein starkes Sieb getreten, wobei dann die gröberen Verunreinigungen auf dem Sieb liegen bleiben.

Nach dem ersten Treten oder Befahren darf man den Thon nicht sogleich formen, sondern muss ihn, zu einem Haufen geschichtet, noch mindestens 24 Stunden lang unter möglichstem Luftabschluss (z. B. in einer aus Luftziegeln oder Lehm errichteten, gepflasterten und mit Lehmdecke versehenen Trockenkammer in einer Scheune, Trockenschuppen u. dergl.) quellen oder faulen (mauken) lassen. Hierdurch erspart man sich sehr viel Arbeit beim späteren Formen der Masse, weil durch das Faulen der Thon plastischer, gleichmässiger, dichter und luftfreier, auch feuerfester wird, und zwar umso mehr, je länger man ihn trocken lagern lässt.

Nach dem Faulen wird der Thon, wenn erforderlich, nochmals durch-

Man erhält demnach bei Anwendung dieses Verfahrens einen sehr gleichartig gebildeten und durchaus gleichwerthigen, sowie gut gereinigten Rohstoff.

Da das Schlämmen nicht nur recht umständlich, sondern auch recht kostspielig ist und ausserdem die Anlage der Schlämmbassins einen ziemlich grossen Platz und der geschlämmte Thon einen Thonschneider erfordert, so findet dasselbe gewöhnlich nur dann Anwendung, wenn es sich um die Herstellung besserer Thonwaaren handelt und ein Thon homogenisirt werden muss, der nicht genügend fett ist und namentlich Kalk- oder Mergelknollen enthält.

In welcher Weise die Thonmasse beim Schlämmen in seine einzelnen Bestandtheile zerlegt wird, ist bereits im § 86 erläutert worden. Es erübrigt noch, hier den Schlämmvorgang selbst näher zu besprechen. Zunächst muss noch hervorgehoben werden, dass sich die ausgewinterte Thonmasse leichter im Wasser auflösen lässt als die unmittelbar aus der Grube kommende rohe, und dass erstere in trockenem Zustande wieder leichter zu schlämmen ist als in feuchtem, ferner, dass man die Thonmasse mit warmem oder heissem Wasser besser erweichen kann als mit kaltem.

Sollen nur die gröberen Verunreinigungen aus dem Thon entfernt werden, so genügt es, denselben zu zerkleinern und in einem Behälter mittelst Wasser aufzulösen, wobei die schwereren Bestandtheile zu Boden fallen. Der flüssige Schlamm wird in einen zweiten Behälter geleitet, in welchem sich dann die Thonmasse ablagert. Letztere wird an der Luft oder künstlich getrocknet oder auch dadurch, dass man ihr feinst gemahlenen, möglichst trockenen Thon oder Ziegelmehl u. s. w. zusetzt. Die Trocknung darf nur bis zu dem Grade erfolgen, dass die Thonmasse noch die für ihre Weiterverarbeitung nothwendige Steifigkeit behält.

Ist eine grössere Reinigung und Homogenisirung erforderlich, so bedient man sich der Schlämmmaschinen. Dieselben bestehen aus den Rührwerken, welche den erweichten Thon zerkleinern und soweit mit Wasser vermischen sollen, dass Thonmilch (sogenannte Schlämpe) entsteht, und aus den tiefer gelegenen Schlämmbassins, in denen sich die Thonmasse durch Ablagerung wieder vom Wasser trennen soll. Ausserdem besitzen die Schlämmapparate noch Vorrichtungen (Gitter, Siebe, Separatoren) zur Absonderung aller derjenigen gröberen Beimengungen des Thonschlammes, welche in den Rührbassins nicht zur Ablagerung gekommen sind. Ferner erfordert die Anlage von Schlämmvorrichtungen noch Pumpen und Wasserleitungen zur Herbeischaffung des Schlämmwassers, Rinnen zur Fortleitung des Thonschlammes nach den Schlämmgruben, sowie Pferdegöpel, Dampfmaschinen oder Wasserräder zum Betriebe der Rührwerke.

Schlämmapparate für den Handbetrieb (Menschenkraft) sind nur für ganz kleine Betriebe ausreichend; sie bestehen zumeist aus Fässern oder Tonnen, in denen der Thon durch Arbeiter einfach durchgeknetet wird.

Die Schlämmgruben werden am besten auf einem wasserdurchlässigen, sandigen Untergrund angelegt, damit das Schlämmwasser möglichst schnell versickern kann, indessen werden sie auch häufig mit gepflasterter oder mit Bohlen gedichteter Sohle hergestellt, die dann mit Sand bestreut wird, um die Thonmasse besser abheben zu können. Um ein möglichst schnelles Trocknen der Thonmasse zu erzielen, wird eine Drainirung der Sohle empfohlen. Die Wände bestehen wegen des besseren Wasserabzuges am besten

aus Erdwällen, werden aber auch dicht aus Steinmauern oder Bohlwerken gefertigt, wobei man dann wenigstens an einer Wand in verschiedenen Höhen über der Sohle Löcher anbringt und dieselben so lange mittelst Stöpsel oder Schieber verschlossen hält, bis sich das Schlämmwasser abgeklärt hat.

Bei den Rührwerken unterscheidet man: *beständige* und *mit Unterbrechung arbeitende* und bei letzteren *rotirende* oder *schaukelnde*. Die rotirenden theilt man weiter ein in *stehende* und *liegende* (*Schlagwerke*). Erstere eignen sich besonders für mageren Thon, letztere mehr für fetteren. Die Leistung der Schlagwerke ist eine grössere als die der stehenden Rührwerke.

Da sich die schwereren Stoffe im Rührbassin ablagern, so müssen letztere von Zeit zu Zeit ausgebaggert werden; hierbei geht neben Zeit auch viel brauchbarer Stoff verloren. Es ist dies ein Uebelstand, der nahezu allen Schlämmapparaten anhaftet; die weiter unten besprochene L. *Schmelzer*'sche *Maschine* soll jedoch diesen Nachtheil nicht besitzen.

Die Construction der *stehenden* Rührwerke ist gewöhnlich folgende: Auf einer kreisrunden ummauerten Fläche ist eine stehende Welle angebracht und mit zwei oder mehreren wagrechten, sich unter gleichen Winkeln kreuzenden Balken ausgestattet, an denen Ketten hängen, welche die zur Zerkleinerung und Mischung der angenässten Thonmasse dienenden Apparate tragen, oder an denen auch nur durchgehende, stark construirte Zähne sitzen. Die Rührapparate bestehen je nach der Art des Rohstoffes und nach seinem Verhalten im Wasser aus gewöhnlichen Eggen, hohlen Walzen, nahe aneinander liegenden Eisenstäben u. s. w. Verwendet man eggenartige Rührwerkzeuge, so hat man an gewissen Stellen feststehende Zinken anzuordnen, die ein, die Schlämmwirkung abschwächendes Herumkreisen der Thonmasse verhindern sollen. Werden Eisenstäbe benützt, so ist deren Achse in einem Rahmen zu befestigen, der mittelst zweier Gliederketten hinter einem Arm oder Backen herabhängt. An den Enden der Rührarme werden bei Göpelbetrieb die Zugthiere angespannt oder Räder angebracht, welche auf der Umfassungsmauer des Bassins laufen.

göpel oder einer Dampfmaschine betrieben wird. Bei *c* befindet sich eine eiserne, durchlochte Scheidewand zur Einführung des Wassers; zum Abfluss des Thonschlammes dienen die Röhren *f*.

Von den vielen praktischen Constructionen, die in den Handel kommen, möge hier noch eine näher besprochen werden, welche eine grössere Verbreitung gefunden hat, nämlich die Schlämmmaschine von Louis Schmelzer in Magdeburg. (Fig. 58.)

Ein aus starken Bohlen gezimmerter Kasten ist in 2 Kammern getheilt, nämlich in eine Aufschlusskammer und in eine Schlämmkammer mit Steinfänger. Durch den Kasten geht eine wagrechte, auf einem Bock gelagerte Welle, an deren einem Ende sich Antrieb, Vorgelege und Riemenscheibe befinden, während das andere ein geschlossenes Cylindersieb trägt. Die Thonmasse wird in kleinen Portionen in die Aufschlusskammer geschaufelt, wo sie unter Zufluss von Wasser gut eingesumpft und mittelst Thonschneidemesser innig gemengt wird. Durch eine Oeffnung wird die dickflüssige Masse in die Schlämmkammer gedrückt und in dieser unter abermaligem Zufluss von Wasser und weiterer Bearbeitung mittelst Rührmesser in Thonmilch (Schlämpe) verwandelt, wobei die im Wasser löslichen Theile vollständig aufgelöst werden, die unlöslichen und groben aber ausgeschieden und Steine, Sand u. s. w. in dem Steinfänger aufgefangen werden, aus welchem sie durch eine verschliessbare Oeffnung entfernt werden. Der nach Bedarf verdünnte Thonschlamm fliesst aus der Schlämmkammer über einen Steg in das Cylindersieb, durch welches die feineren Thontheilchen hindurch gehen, während die gröberen aus dem Siebe herausgeworfen, in Karren gesammelt und über die Halde gebracht werden. Die das Sieb passirt habenden Schlammtheilchen fliessen nach den Schlämmgruben.

Als Vortheile dieses Schlämmapparates werden aufgeführt: günstige Vorbereitung der Thonmasse für schnelle Auflösung im Wasser durch mässige Aufweichung und Verarbeitung — beliebige Verdünnung des fertigen Schlammes und dadurch Vermeidung einer Verstopfung und demgemäss eines Unwirksamwerdens des Siebes, so dass immer eine vollständige Trennung der gelösten, feinen Bestandtheile von den ungelösten, groben erreicht wird, — selbstthätige Ausscheidung der groben unlöslichen Theile (Steine, Kalkknollen, Wurzel u. s. w.) und ununterbrochener Betrieb. Letzterer erfordert die Bedienung von nur einem Arbeiter, welcher den Thon in die Aufschlusskammer einzuschaufeln, deren Wasserzufluss zu regeln und überhaupt den Betrieb zu überwachen hat.

Viel verwendet wird auch, besonders im Grossbetriebe, die Schlämmmaschine von F. L. Smidth in Kopenhagen, bei welcher die Rührapparate in der Weise befestigt sind, dass sie sich über die steife Masse heben können, wodurch an Betriebskraft gespart wird, ferner die von der Maschinenfabrik von Möller und Hollberg in Grabow bei Stettin gebaute Kägler'sche Maschine, welche eine bewegliche Schlämmtrommel besitzt, die sich in entgegengesetzter Richtung wie ihre armirte Welle dreht, sodann die Schlämmmaschine von Jul. Lüdicke in Werder a. H. die einem Kollergang ähnelt, endlich die Maschine von Schiffer und Kircher in Grünstadt (Rheinpfalz) von Gebr. Sachsenberg in Rosslau u. A.

Sind einem, durch Schlämmen von Kalk- und Mergellknollen befreiten, fetten Thon noch vor seiner weiteren Verarbeitung Magerungsmittel (Sand,

Chamotte u. s. w.) beizumengen, so geschieht dies am besten in der Schlämmgrube und zwar dann, wenn sich auf dem Thon kein Wasser mehr absetzt. Es werden die Magerungsmittel fein gesiebt und in genau berechneter und abgemessener Menge auf dem Thon gleichmässig ausgebreitet, dann wird die ganze Masse mittelst Krücken bis zur vollständigen Mischung durchgearbeitet.

Noch zu erwähnen ist die Luftschlämmung mittelst sogenannter Windseparatoren. Hierbei wird die getrocknete pulverförmige oder feinst gemahlene Thonmasse durch bewegte Luft dem specifischen Gewichte nach oder auch nach der Korngrösse getrennt. Näheres hierüber findet man in der »Thonindustriezeitung« 1883, Nr. 25 und in der »Töpfer- und Ziegler-Zeitung« 1890, Nr. 2.

f) Thonschneider. Der sorgfältig vorbereitete (ausgewinterte und gesumpfte oder geschlämmte) Thon wird schliesslich in den Thonschneider gebracht, um in demselben seine Homogenisirung zu vollenden. Häufig benutzt man auch den Thonschneider zum Zerschneiden, Durchkneten und Mischen von nur ausgewintertem oder unmittelbar der Grube entnommenem Thon, was sich jedoch nur bei von Natur gutem und reinem Rohstoff empfiehlt. Denn dieser Apparat bewirkt nur eine mechanische Bearbeitung der Thonmasse, eine letzte Reinigung derselben von Steinen, Wurzeln, Verballungen u. s. w., also eine Streichrechtmachung, dagegen kann man durch ihn eine Veränderung der Thonbestandtheile nicht erzielen. Die Homogenisirung geschieht am besten und billigsten durch einen Thonschneider bei einer reinen, nicht knotigen und ziemlich steifen Thonmasse. Ist dieselbe steinig, knotig, sehr schwer, frisch gegraben, so ist die Verwendung von Walzwerken entschieden vorzuziehen.

Schon im vorigen Jahrhundert wurde der Thonschneider in Holland in der Ziegelfabrikation benutzt, und er gilt noch heute als einer der wichtigsten Vorbereitungsapparate, durch welchen das früher so beliebte Treten und Befahren der Thonmasse fast ganz verdrängt worden ist. Im Laufe der Zeit hat seine Construction ganz wesentliche Verbesserungen er-

leicht vornehmen zu können, und besitzt die Austrittsöffnung für den Thon am einen Ende.

Die Welle wird nur mit einer mässigen Geschwindigkeit gedreht und diese Umdrehungsgeschwindigkeit darf eine bestimmte, von der Beschaffenheit des Thones abhängige Grenze nicht überschreiten. Die Welle wird zumeist aus massivem Eisen gefertigt und zweckmässig nur an den Enden rund, im Uebrigen aber, soweit an ihr Messer u. s. w. sitzen, viereckig gestaltet; ihre Dicke beträgt gewöhnlich 10—15 *cm*. Die Messer bestehen am besten aus Gusseisen wegen der geringeren Rostbildung. Handelt es sich um die Verarbeitung von quarzhaltigen Stoffen, so sind nach Bischof (a. a. O. S. 226) eiserne Thonschneider zu verwerfen, weil sich dieselben sehr stark abnützen und dadurch in die Masse Eisenflecke bringen.

Als Schneidewerkzeuge verwendet man glatte Messer mit oder ohne Querzinken, Flügelwellen, schraubensegmentförmige Messer, eine volle archimedische Schnecke u. s. w. Glatte Messer erfordern die geringste Betriebskraft und homogenisiren recht gut, weil die Thonmasse längere Zeit im Thonschneider verbleibt und daher weit öfter von den Messern durchschnitten wird; schraubensegmentförmige Messer zerschneiden, drücken und mischen die Thonmasse und schieben sie langsam und gleichmässig weiter; sie erfordern eine grössere Betriebskraft, verarbeiten aber in einer bestimmten Zeit eine grössere Menge Thon; die archimedische Schnecke zerschneidet den Thon in einzelne, durch die Gänge der Schnecke bestimmte Streifen, die beim Rundgang zerrieben, gemischt und gleichzeitig auch fortgeschoben werden. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 258 und Bischof, a. a. O., S. 222.)

Stehende Thonschneider gewähren vor den liegenden den Vorzug, dass man sie leichter montiren und mit einer schwächeren Welle ausstatten kann, und dass ihre Leistungsfähigkeit bei schneller Durcharbeitung weicher Thonmassen eine grössere ist; dagegen besitzen sie den Nachtheil, dass ihre obere Füllöffnung, wenn die armirte Welle am oberen Ende betrieben wird, durch das Vorgelege verengt und letzteres durch die Thonmasse leicht verunreinigt wird, und dass sich der Behälter bei seiner Höhe nicht ohne Schwierigkeiten beschicken lässt. Die liegenden Thonschneider arbeiten die Masse besser durch, weil das Kneten bei ihnen längere Zeit dauert, jedoch erfordern sie zu ihrem Betriebe eine grössere Kraft und zu ihrer Aufstellung eine grössere Fläche und besitzen den Uebelstand, dass sich die auf den Fülltrichter aufgegebene Thonmasse leicht gewölbeartig über demselben festsetzt, also nicht gleichmässig in den Behälter fällt, wodurch die Leistung beeinträchtigt wird. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, stattet man die liegenden Thonschneider neuerdings mit sogenannten Speisewalzen aus, durch welche der Thon mit einer, von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Messerwelle abhängigen Geschwindigkeit gleichmässig in den Behälter hineingedrückt wird. C. Schlickeysen in Berlin benützt hierzu eine glatte Walze, die sich parallel der Schnecke gegen diese mit gleicher Geschwindigkeit dreht und ebenso lang wie der Fülltrichter, jedoch nur etwa zwei Drittel so breit wie der Schneckendurchmesser ist. (Siehe Fig. 60.)

Da durch die Messer des Thonschneiders gröbere Verunreinigungen wie Steine, Knollen u. s. w. nicht zermalmt werden können und solche Stoffe sehr häufig in dem zu verarbeitenden Thon noch vorkommen, so hat man die Thonschneider mit ein Paar Quetschwalzen combinirt, die vor dem

Apparat angelegt werden und, mit verschiedener Geschwindigkeit rotirend, den Thon zerkleinern, durchkneten, mischen und dem Thonschneider ununterbrochen zuführen. Haben die Steine eine grössere Dicke oder sind sie besonders hart, so vermag zur Vermeidung eines Maschinenbruches wenigstens eine der beiden Walzen, weil sie beweglich gelagert ist, von selbst auszurücken. Angebrachte Siebvorrichtungen bewirken eine Absonderung der Thonmasse von nicht zerkleinerten Steinen. Ferner werden die Thonschneider häufig direct mit Ziegelpressen verbunden, wovon noch im nächsten Paragraphen die Rede sein wird.

Von den vielen empfehlenswerthen Constructionen sollen hier noch drei besprochen werden, weil dieselben vielfache Verbreitung gefunden haben und von einer Firma gebaut werden, welche auf diesem Gebiete ganz erhebliche Verbesserungen gemacht hat; es ist dies die Maschinenfabrik von C. Schlickeysen in Berlin.

Fig. 59 stellt den Durchschnitt eines Schlickeysen'schen stehenden Thonschneiders dar. Ein durch den Boden *b* geschlossener, oben trichterförmig erweiterter und mit offenem cylindrischen Aufsatz *c* versehener Cylinder besitzt in der Mitte eine, in Lagern drehbare, Welle *d*, an der sich in spiralförmiger Stellung Messer *e* in Gestalt von Schraubensegmenten befinden, die Theile einer archimedischen Schnecke sind und ein Viertel bis ein Drittel des Kreisumfanges umfassen. Die Messer sind am Umfange 15 *mm* stark und werden nach der Mitte zu allmälig dicker, so dass sie an der Welle eine Dicke von 30 *mm* besitzen. Das oberste Messer ist mit einem Schaber *s* versehen zum Abstreifen des anhaftenden Thones. Die Messer sind in der Weise an der Welle befestigt, dass ihre äussere Begrenzungslinie nicht eine ununterbrochen fortlaufende Schraubenlinie bildet, sondern dass in senkrechter Richtung der Beginn der Schraubenfläche eines Messers von dem umlaufenden Ende des nächst höheren Messers um ein Achtel bis ein Sechstel des Kreisdurchmessers absteht und dadurch in wagrechter Richtung das untere Messer von dem oberen um ebenso viel überdeckt wird. Hierdurch üben die Messer eine Fortschiebung, beziehungsweise

öffnung mit Verschlussplatte und davor eine conisch ausgedrehte eiserne Pressröhre. Der Cylinder *H* besteht aus zwei Hälften, deren obere um zwei Charnire *C* drehbar ist, so dass die Maschine, wenn der über beide Cylinderhälften geschobene Vorcylinder *V* mit Pressröhre abgezogen ist, leicht gereinigt werden kann. Mit ca. 1 Pferdekraft können in der Stunde ungefähr 0·3 m^3 Thonmasse mit dieser Maschine bei einmaligem Durchgang gut durchgearbeitet werden.

Handelt es sich um allerfeinste Mischung verschiedener Thone oder um Mischung der Thone mit Farbstoff, so empfiehlt sich die Verwendung der in den Figuren 62—65 dargestellten, von derselben Firma construirten Misch- und Homogenschnecke. An der Rückwand des Cylinders ist auf der Messerwelle ein stählernes Doppelmesser *H* befestigt, das an der inneren Gefässwand auf jedem Flügel je ein der Welle paralleles Messer H_1 trägt, welche beide ununterbrochen von der durch die Speisewalzen zugeführten Thonmasse schmale Plättchen abschlagen und nach innen drücken. Innerhalb dieser Messer H_1 ist im Cylinder ein dreiarmiger Messerkörper befestigt, dessen stillstehende Schneide *J* die von H_1 nach innen gedrückten Thonplättchen nochmals zertheilt nach innen befördert, wo wieder zwei Messer *K' K''* dieselben aufnehmen und dem Doppelmesser *G* zuführen, welche die ganze Thonmasse aufnehmen und nach der Austrittsöffnung drücken. Es folgt nun ein Doppelmesser *F* von solcher Construction, dass der eine Flügel den Thon vorschiebend beständig nach innen, der andere vorschiebend nach aussen an die Cylinderwand drückt. Der nun folgende erweiterte Presskopf *B* zwingt den Thon auseinanderzugehen und dadurch alle Structur zu verlieren; dass Doppelmesser *E* in demselben presst den Thon zugleich nach innen und nach vor. (Aus der Broschüre des Fabrikanten.)

Wenn die Thonmasse nach einmaligem Durchgang durch den Thonschneider noch nicht die zur Formung erforderliche Homogenität erreicht hat, so ist sie zum zweiten Male zu bearbeiten, nachdem sie mindestens 24 Stunden lang gelagert hat.

Weicher Thon lässt sich lange nicht so innig durcharbeiten wie steifer, weil auf letzteren die Messer kräftiger einwirken als auf ersteren, der sich wegen seiner grösseren Beweglichkeit den Angriffen der Messer leicht entziehen kann. Jedoch darf der Thon nicht so steif sein, dass die Messerschnitte erhalten bleiben.

Noch zu erwähnen ist, dass sowohl beim Durchgang durch die Walzen als auch beim Durchgang durch den Thonschneider sich die Thonmassen je nach ihrer Beschaffenheit mehr oder weniger erwärmen, wodurch ihre Bildsamkeit erhöht wird; nach Daubrée kann diese Erwärmung bis zu 30° *C.* betragen; es erwärmen sich magere (körnige) Massen schneller und mehr als plastische.

II. Homogenisirung auf trockenem Wege. Müssen Schieferthone und Schieferletten zur Herstellung von Ziegeln und anderen Thonwaaren verwendet werden, so kann man sie nicht auf nassem Wege homogenisiren, weil sie jahrelang auswintern müssten, bevor sie plastisch verarbeitet werden könnten. Solche Thone müssen daher auf trockenem Wege, d. h. mittelst sogenannter Homogenisirungsmaschinen für den Thonschneider und die Ziegelpresse vorbereitet werden. Bei Anwendung dieses Verfahrens ist also ein Auswintern, Einsumpfen oder Schlämmen des Thones nicht erforderlich, sondern

es genügt eine gute Austrocknung desselben in freier Luft, beziehungsweise in gut gelüfteten Räumen oder unter Benützung der Gase, die aus den Brennöfen abziehen. Der Thon wird dann in Zerkleinerungsapparaten der verschiedensten Construction möglichst bis zur Pulverfeinheit gemahlen und dieses Pulver, nachdem es gesiebt und gehörig angenässt worden, in den Thonschneider gebracht und hier in eine plastische, streichrechte Masse verwandelt. Sind Magerungs- oder Flussmittel dem Thon beizumengen, so werden auch diese in geeigneten Maschinen zerkleinert und in Pulverform zugesetzt.

Die Homogenisirung auf trockenem Wege erfolgt hauptsächlich bei Thonen, aus denen feuerfeste Waaren, gesinterte Platten u. dgl. hergestellt werden sollen, und in der gewöhnlichen Ziegelfabrikation nur dann, wenn sich der zur Verfügung stehende Thon auf nassem Wege nicht plastisch verarbeiten lässt.

Zu den Homogenisirungsapparaten gehören neben dem Thonschneider noch die folgenden:

1. Stampf- und Pochwerke. Dieselben bestehen aus mehreren nebeneinander gestellten hölzernen und mit schwerem eisernen oder stählernen Schuh ausgestatteten oder ganz aus Eisen gefertigten Stampfen (Pochstempeln), welche von einer durch Wasser- oder Dampfkraft gedrehten, wagrechten Welle mittelst auf derselben befestigter Daumen gehoben und gleichzeitig etwas gedreht werden. Diese Stampfen fallen frei herab, wobei sie durch Schlag den Thon zertrümmern. Der Thon liegt auf einer aus schweren Eichenbalken mit darauf befestigter Eisenplatte bestehenden oder rostartig aus eisernen oder stählernen Stäben gebildeten Sohle.

Da nur die Pochstempel gehoben zu werden brauchen, so erfordern die Stampfwerke nur eine verhältnissmässig geringe Betriebskraft; es ist dies aber nahezu der einzige Vortheil, den sie gewähren, während sie viele Nachtheile besitzen, wegen deren sie neuerdings in der Ziegel- und Thonwaarenindustrie nur noch sehr selten Verwendung finden. Zu diesen Nachtheilen gehört die Erzeugung starken Geräusches, heftiger Erschütterungen und gewaltiger Staubmassen, ferner die starke Abnützung der Stempelschuhe und in

fester Tischplatte schlecht zum Mahlen von feuchtem (lufttrockenem) Thon, weil ihre Leistungsfähigkeit durch unvermeidliche Kuchenbildung sehr beeinträchtigt wird.

Boden- und Läufersteine werden entweder aus hartem Sandstein oder aus Gusseisen hergestellt, und zwar verwendet man erstere, wenn z. B. Feldspath und sonstige Bestandtheile einer rein weissen Porzellanmasse zu zerkleinern sind, und gusseiserne, wenn es sich um die Zerkleinerung solcher Stoffe handelt, die zu einer nicht völlig farblosen Waare verwendet werden sollen und daher auch durch die abgeriebenen Eisentheilchen ohne Nachtheil verunreinigt werden können. (Siehe C. Bischof, a. a. O., S. 224.)

Bei den Kollergängen mit drehbarer Tischplatte drehen sich die Läufer, wie bemerkt, nur um sich selbst, ohne eine fortschreitende Bewegung zu haben, und sitzen bei den neueren Constructionen nicht auf einer gemeinschaftlichen Achse, wie dies früher allgemein der Fall war, sondern auf zwei von einander unabhängigen Achsen, so dass sich jeder Läufer beim Unterschieben grösserer Stücke heben kann, ohne dass der andere davon berührt wird. Durch diese Anordnung erreicht man einen gleichmässigeren Druck auf den Thon, eine Verminderung der Reibung und eine grössere Leistungsfähigkeit. Letztere kann noch dadurch gesteigert werden, dass man für eine baldige Entfernung der fertig gemahlenen Thonmasse sorgt, damit nur die gröberen Stücke den Einwirkungen der Läufer ausgesetzt werden. Eine rasche Entfernung des Mahlgutes kann man dadurch erzielen, dass man den überhöhten Rand der Tischplatte siebartig und so fein durchlöchert, dass durch die Löcher nur Thonpulver von genügender Feinheit fallen kann, und dass man auf dem Boden Apparate sich bewegen lässt, die das feine Thonpulver an das Sieb, die gröberen Stücke von dem Siebe fort wieder unter die Läufer schieben. Eine andere Einrichtung besteht darin, dass das Mahlgut durch einen Elevator nach einem Siebe geschafft wird, welches nur das genügend feine Thonpulver ausscheidet, während das gröbere wieder auf den Kollergang zurückfällt. (Siehe Bock, a. a. O., S. 68 und 69.) Bei anderen Kollergängen ist die untere Bodenplatte durchlocht und es fällt der von den Läufern durch das Sieb gepresste Thon auf eine auf derselben Welle befestigte Tellerscheibe, von der er durch einen feststehenden Abstreicher entfernt wird.

Eiserne, an der senkrechten Welle befestigte und den Läufern folgende Spatel schieben während des Betriebes ununterbrochen den zu mahlenden Thon in die Bahn der Läufer und schaufelförmige Abstreicher entfernen die am Umfange der Läufer hängen gebliebenen Thontheilchen.

Zur Verhütung einer starken Abnützung hat man die Spurlager der Kollergänge auf das Sorgfältigste vor Staub zu schützen. Die Kollergänge eignen sich nur zur Zerkleinerung magerer Thonsorten oder Schieferthone; für plastische Thone kann man sie nicht verwenden, weil die Läufer diese nur platt drücken und sich die Thontheilchen, stark angefeuchtet, an die Läufer hängen, wodurch der Gang der Maschine sehr erschwert wird (siehe Zwick, a. a. O., S. 275). Der aufgegebene Thon kann trocken oder halbtrocken sein. Kollergänge verwendet man hauptsächlich dort, wo es nicht darauf ankommt, ob der Thon zerdrückt oder zerrieben wird; sie pulverisiren nicht nur den Thon gut, sondern kneten und mischen ihn auch. Ein weiterer Vorzug ist ihre dauerhafte Construction, dagegen besitzen sie den Nachtheil, dass ihre Anschaffung recht viel kostet, ihre Aufstellung einen ziemlich

grossen Raum erfordert und ihre Leistungsfähigkeit im Vergleich zu anderen Zerkleinerungsmaschinen nur mässig ist und zudem durch die beim Entleeren und Füllen der Maschine eintretenden Unterbrechungen noch sehr beeinträchtigt wird.

Einen Kollergang mit rotirendem Teller der Maschinenfabrik von Ed. Laeis & Comp. in Trier zeigt Figur 66. Die nur um ihre eigene Achse rotirenden Läufer liegen unabhängig von einander innerhalb eines an Ständern befestigten Rahmens, in welchem sich die Läuferachsen so führen, dass sich jeder Läufer für sich allein heben und senken kann. Der mit vorstehendem Rand ausgestattete Teller dreht sich um eine senkrechte Welle (den Königsbaum), die ihren Antrieb entweder, wie in der Abbildung zu sehen ist, von unten oder auch von oben erhält. Bei grösseren Maschinen wird der Teller noch am Rande durch Laufrollen gestützt, während bei den kleineren, die hauptsächlich in der Thonwaarenindustrie Verwendung finden, diese Rollen fehlen. Die Fabrik fertigt diese Kollergänge mit Läufern von je 800—3000 *kg* Gewicht. Ein Kollergang mit Läufern von je 1500 *mm* Durchmesser, 270 *mm* Breite und 1500 *kg* Gewicht vermag in 10 Stunden je nach der verlangten Feinheit bis 10.000 *kg* lufttrockenen Thon zu verarbeiten.

Ein der Firma Villeroy & Boch in Mettlach patentirter Kollergang, der vielfache Verbreitung gefunden hat, ist im § 200 beschrieben. Dortselbst findet man auch die Beschreibung und Abbildung des Kugelkollerwerkes von E. Villeroy. (D. R. P. Nr. 31804.) Auch die im § 196 (Mörtelbereitung) beschriebene und dargestellte Mörtelmischmaschine kann zur Zerkleinerung von lufttrockenem Thon benützt werden. Bewährte Constructionen liefert auch die Kölnische Maschinenbau-Actiengesellschaft, ferner die Maschinenbau-Actiengesellschaft »Humboldt« in Kalk bei Deutz, sodann Jannot u. A.

3. Desintegratoren oder Schleudermühlen, bei welchen der Thon durch die Wirkung des Wurfes zerkleinert wird.

Der Desintegrator besteht zumeist aus 2—6 ineinander gesteckten Trommeln, deren cylindrische Umfassungswände aus schmiedeeisernen oder, wenn ein besonders harter Stoff zu verarbeiten ist, aus stählernen, mehr oder

stücke weiter zertrümmern, und so fort, bis die Thonmasse aus der letzten Trommel in Pulverform ausgeworfen wird. Man sammelt dieses Pulver in untergehängten Säcken.

Auch bei diesem Zerkleinerungsapparat müssen die Achsenlager vor Staub und Schmutz sorgfältigst geschützt werden, was durch einen dichten Verschluss zu erreichen ist, auch ist eine gute selbstthätige Schmiervorrichtung anzubringen. Die Grösse und Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommeln, die Stärke und Entfernung der Stäbe sowie ihre Anordnung richtet sich einmal nach der Beschaffenheit (Härte und Festigkeit) des zu zerkleinernden Stoffes, sodann nach der verlangten Feinheit des Pulvers und endlich nach der in einer bestimmten Zeit zu verarbeitenden Stoffmenge.

Desintegratoren von 1·0 *m* Durchmesser haben zu ihrem Betriebe eine Kraft von sieben Pferdestärken nöthig und liefern in der Stunde etwa 7000 *kg* Thonpulver.

Einen von der Maschinenbau-Actiengesellschaft »Humboldt« in Kalk bei Deutz gebauten Desintegrator findet man im § 219 näher beschrieben.

Während in England diese Schleudermühlen vielfach benützt werden, ist bei uns bis jetzt ihre Anwendung noch eine beschränkte, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil diese Maschinen eine grosse Betriebskraft erfordern, einer starken Abnützung unterliegen, für härtere Stoffe nicht genügen, Steine aus dem Thon nicht entfernen oder hinreichend zertrümmern und trotz des Schutzgehäuses meistens viel Staub verursachen. Sie eignen sich namentlich zur Zerkleinerung kalksteinhaltiger Thone, weil sie die Kalksteine so fein zerkleinern und mit dem Thonpulver so innig mischen, dass diese Beimengungen die Güte der Thonmasse nur wenig beeinträchtigen, dagegen sind sie nicht brauchbar für grubenfeuchten fetten Thon, weil dieser durch sie nicht genügend fein zerkleinert wird, sich im Mantel festballt und schliesslich den Gang der Maschine ganz stört. Magere Thone und Schieferthone können dagegen auch im erdfeuchten Zustande durch einen Desintegrator pulverisirt werden. Im Allgemeinen empfiehlt sich die Verwendung von Schleudermühlen, wenn es sich darum handelt, grosse Thonmassen auf einem verhältnissmässig kleinen Raum trocken zu homogenisiren. Hotop hält den Desintegrator für den besten Apparat zum Mahlen und gleichzeitigen innigen Mischen von Thonen mit oder ohne Sandzusatz und zur Erzielung verschiedener Farbentöne in der Verblendsteinfabrikation. (Siehe »Töpferzeitung«, 1881, Nr. 17.)

Für feuchte Thonmassen hat Stephan Quast eine Schleudermühle construirt, deren cylindrische Umfassungswände aus gefalzten, sich überdeckenden und an beiden Enden mit Kettengliedern aneinandergehängten Querstreifen besteht, die durch Leitrollen an die Seitenwände angeschlossen und mittelst Riemenscheibe und Räder um die Schleudertrommeln gedreht werden. An einer geeigneten Stelle befindet sich eine Schneckenmulde mit Abstreicher, an welchem die Plattenkette vorbeigeführt wird, so dass die an derselben hängen gebliebenen Thontheilchen abgestrichen und in die Schneckenmulde befördert werden, sofern sie nicht schon durch die Biegung der Plattenkette von selbst abfallen. Die Plattenkette wird durch eine frei bewegliche, innen über sie hinwegrollende Walze stets gespannt gehalten. Aus der Schneckenmulde gelangt der abgestrichene Thon in eine unterhalb der Plattenkette gelegene Schnecke, in welche auch der an der oberen Schnecke vorbeigeschleuderte Thon fällt. (Siehe Bock, a. a. O., S. 72.)

Empfehlenswerthe Constructionen sind auch die Apparate der Maschinenfabrik von Jos. Fallenberg in Mannheim (siehe »Notizblatt«, IX, S. 48), von Selbach und Deiters ebendaselbst (siehe »Maschinenbauer«, 1876, S. 281), von Carter and Brother in London (siehe »Dingler's Polyt. Journ.«, Nr. 214, S. 18), der Zerkleinerungsapparat von Vapart, gebaut von Mehler in Aachen (siehe »Thonindustrie-Zeitung«, 1883, Nr. 22) u. s. w.

Die Leistungsfähigkeit der Schleudermühlen ist je nach der Feuchtigkeit des zu verarbeitenden Stoffes eine verschiedene, im Allgemeinen aber eine sehr grosse.

4. Walzwerke. Durch dieselben werden sowohl die kleineren Verunreinigungen des Thones (wie z. B. harte Thonstücke, Gesteinstrümmer, Kalk- und Mergelknollen u. s. w.) sehr fein zerkleinert und dadurch unschädlich gemacht, als auch die einzelnen Thonbestandtheile gut mit einander vermischt. Am besten eignen sich diese Zerkleinerungsmaschinen zur trockenen Homogenisirung von recht zähem und festem sowie mit kleineren Steinen vermengtem Thon.

Man verwendet glatte, geriffelte oder gestachelte Walzen von cylindrischer oder kegelstumpfförmiger Gestalt. Durchmesser, Länge, Gestalt und Oberfläche sowie Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen richten sich nach der natürlichen Beschaffenheit des Thones. Da Walzen mit einem kleineren Durchmesser als etwa 450 *mm* den Thon schlecht einziehen, so empfiehlt es sich, dickere Walzen zu wählen.

Die Leistungsfähigkeit hängt ab von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen, ihrem Abstande von einander, der Härte, Festigkeit und Grösse der Thonstücke und von der mehr oder minder grossen Sorgfalt bei Bedienung der Maschine. Ueberschüttungen sind möglichst zu vermeiden. Verwendet man Walzen geringeren Durchmessers, so sind kleinere Thonstücke aufzugeben, denn mit der Abnahme des Durchmessers vermindert sich der Einfallraum zwischen den beiden Walzen.

Die Walzen werden am besten aus Hartguss gefertigt, denn solche aus einem weicheren Stoff werden durch die Angriffe der im Thon oft reichlich

zweites Feinwalzwerk gehen, auch hat man dafür zu sorgen, dass das Thonpulver nicht nachträglich noch durch Thon mit Kalksteinstücken verunreinigt werde. Schwefelkieshaltigen Thon kann man nicht auf trockenem Wege homogenisiren, sondern muss denselben durch Schlämmen reinigen.

Die Verwendung von zwei übereinander gestellten Walzenpaaren (Doppelwalzwerk) ist auch sonst recht empfehlenswerth; dann wird der Thon von dem oberen mit grösserem Zwischenspalt eingestellten Walzenpaare grobstückig zerkleinert, während das untere, ganz eng gestellte die weitere Zerkleinerung besorgt.

Konische Walzen empfiehlt Schlickeysen zur Verarbeitung von Lehm und Thon mit grösseren Klumpen, wie überhaupt zu ungleich geartetem Thon, weil diese Walzen den Stoff besser einziehen als cylindrische. Auch sollen konische Walzen empfehlenswerther sein, wenn Steine aus dem Thon zu entfernen sind, weil sie immer geneigt sind, die Steine seitlich herauszuschieben.

Cylinderwalzen mit gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit zerdrücken nur den Thon, während solche mit verschiedenen Geschwindigkeiten denselben gleichzeitig zerreissen und zerreiben. Ein Nachtheil der ungleich schnell rotirenden Walzen ist die stärkere Abnützung der schneller laufenden Walze und der grössere Kraftaufwand zum Betriebe der Maschine, der mit Zunahme des Geschwindigkeitsunterschiedes wächst. Eine Kraftersparniss und eine gleichmässige Abnützung beider Walzen erzielt man bei konischer Gestalt derselben, und wenn man die Walzen so lagert, dass dem dickeren Ende der einen das dünnere der anderen gegenüberliegt, dann ist die Geschwindigkeit an jeder Stelle eine andere. Ein weiterer Vorzug der konischen Walzen ist der, dass sie sich besser rund halten als cylindrische.

Geriffelte Walzen eignen sich nach Schlickeysen besonders zum Zertrümmern von mittel- oder ganz harten Thonstücken, von Thon mit grösseren Steinen, von Thonschiefer-, Ziegel-, Chamottestücken u. dgl. Die Riffelwalzen erhalten je nach Erforderniss kurze oder lange Greifzacken. Riffelwalzwerke werden mit einem oder auch mit zwei Feinwalzwerken verbunden, um die zertrümmerten harten Stoffe mit dem Thon fein auszuwalzen und innig zu vermischen.

Stachelwalzen werden hauptsächlich nur dann benützt, wenn fetter, fester, oberflächlich angenässter Thon verarbeitet werden muss, welchen Stachelwalzen besser einziehen als glatte oder geriffelte. Auch Walzen mit abnehmbaren Mänteln sind verwendet worden. Die sich beim Durchgang durch die Walzen an deren Oberfläche festsetzenden Thontheilchen werden durch Abstreicher oder Schaber entfernt, die durch Federn, Schrauben oder Gewichte an die untere Mantelfläche angedrückt werden. Diese Vorrichtung erhöht die Leistungsfähigkeit der Walzwerke.

Zur Sicherung der Standfestigkeit bei den wiederholten heftigen Stössen und sonstigen Angriffen lagert man die Walzen auf einem sehr kräftig construirten Gestell und zur Abschwächung der durch grössere Hartsteine u. s. w. verursachten Stösse bringt man auch wohl an dem einen Lager Gummipuffer oder starke Federn an, welche eine Vergrösserung des Zwischenspaltes gestatten. Auch bei den Walzwerken sind die Lager vor Staub nach Möglichkeit zu schützen.

Der Antrieb der Walzen erfolgt am besten durch ein besonderes Räderpaar, und es erhalten die Maschinen eine Fest- und Leerscheibe, sowie

einen leicht zugänglichen Ausrücker mit Vorrichtung zum selbstthätigen Feststellen, um eingeklemmte harte Gegenstände ohne Gefahr entfernen zu können.

Fig. 67 stellt ein auf einem eisernen Gestell montirtes Handwalzwerk der Nienburger Eisengiesserei und Maschinenfabrik zu Nienburg an der Saale dar, Figur 68 ein konisches Walzwerk, mit welchem je nach der Grösse der Walzen in der Stunde 1000—4000 *kg* Thon verarbeitet werden können, und Figur 69 ein Doppelwalzwerk, dessen Walzwerk 320—480 *mm* Durchmesser und 520—780 *mm* Länge besitzen und in der Stunde 1200 bis 3000 *kg* Thon zerkleinern. Bei letzterem können natürlich statt der oberen glatten und cylindrischen Walzen auch konische oder geriffelte verwendet werden. Diese beiden letzten Walzwerke baut C. Schlickeysen in Berlin. Sie näher zu beschreiben dürfte nach den vorstehenden allgemeinen Angaben überflüssig sein.

Eine Zerkleinerung der Thonstücke vor ihrem Eintritt in die Walzen lässt sich durch die von L. Ramdohr empfohlene und in der Praxis bereits mit Erfolg verwendete Maschine erzielen, welche in Figur 70 abgebildet ist. Dieselbe besteht aus einem gusseisernen, mit seiner Mittelachse senkrecht über der Achse der einen Walze liegenden Trichter *A*, in welchem sich zwei Wellen in entgegengesetzter Richtung drehen, die mit eigenthümlich gestalteten Messern armirt sind. Diese Messer arbeiten aus der Mitte heraus nach aussen, so dass die grösseren Thonstücke zwischen Messer und schräger Trichterwand zerdrückt werden. Die Messer sitzen in gerader Linie und so auf den Wellen, dass sie bei ihrer Rotation gegenseitig ihre Lücken passiren. (Vergl. Bischof, a. a. O., S. 246 und 247, sowie »Thonwaarenindustrie-Zeitung«, 1877, Nr. 313.)

5. Steinbrechmaschinen. Man verwendet sie vortheilhaft zum Zerkleinern harter Stoffe (z. B. Chamotte), um denselben eine solche Korngrösse zu geben, dass sie in den anderen Zerkleinerungsmaschinen weiter verarbeitet werden können. Denn Steinbrecher sind nur zur Zerkleinerung bis zur Haselnussgrösse geeignet, ein feines Korn oder Pulver vermögen sie allein nicht zu liefern, vielmehr muss man sie dann mit einem Walzwerk und Sieb-

können, weil sie einer starken Abnutzung unterworfen sind. Man stellt auch beide Brechbacken beweglich her oder stattet die Steinbrecher mit einer einzigen, jedoch doppelt wirkenden Backe aus u. s. w.

Ueber die Grösse und Leistungsfähigkeit der Steinbrechmaschinen und über die zu ihrem Betriebe erforderliche Kraft u. s. w. sind im § 200 (Brennen des Gypses) nähere Angaben gemacht worden; dortselbst findet man auch eine von Eduard Laeis und Comp. in Trier gebaute Steinbrechmaschine abgebildet und beschrieben und noch andere Bezugsquellen angegeben. Praktisch bewährte Constructionen sind auch die Steinbrecher von Marsden (siehe „Dingler's Polyt. Journal", Nr. 194, S. 197), von Cameroux (ebend. Nr. 198, S. 196) und von Archer (ebend. Nr. 204, S. 364).

Endlich ist noch das von Baxter in Leeds construirte Feinbrechwerk zu erwähnen, mit dem es möglich sein soll, Thonstücke von 40 *mm* Grösse in kurzer Zeit bis zur Pulverfeinheit zu zerkleinern. Bei dieser Maschine ist ein Brechbacken an einem, durch einen excentrischen Zapfen auf- und niederzubewegenden Hebel befestigt, während die andere durch eine Walze gebildet wird, deren Welle von der Antriebswelle aus gedreht wird. Der Hebel der ersten Backe wird durch ein Kniestück gegen die letztere gepresst. Auch hier kann das Brechmaul verstellt werden. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 282, sowie „Thonindustrie-Zeitung", 1885).

6. Kugeltrommeln oder Kugelmühlen. Zur Zerkleinerung des Thones dienen bei diesen Apparaten Kugeln aus Hartguss oder Stahl, auch aus Rothguss, Porzellan oder Quarz, welche bei Rotation der Trommel hin- und hergeschleudert werden, wobei sie den Thon zermalmen und zerreiben. Eiserne Kugeln kann man nur dann benutzen, wenn eine Verunreinigung des Thonpulvers durch Eisen zulässig ist. Kugelmühlen eignen sich vornehmlich zur Verarbeitung von trockenem und magerem Thon; trockener, fetter Thon kann mittelst dieser Apparate meistens nicht zerkleinert werden.

Die Kugelmühlen besitzen den Vorzug, dass sie den Thon staubfrei mahlen und wenig Staub erzeugen, jedoch den Nachtheil, dass zu ihrem Betriebe eine im Verhältniss zu ihrer Leistungsfähigkeit recht grosse Kraft erforderlich ist.

Vielfache Verwendung hat wegen ihrer grossen Leistungsfähigkeit die vom Grusonwerk zu Magdeburg-Buckau gebaute Kugelmühle mit selbstthätigem Ein- und Auslauf des Thones gefunden (D. R. P. Nr. 795). Diese Mühle besteht aus einer in einem staubdichten Gehäuse liegenden Doppeltrommel, deren innere cylindrische Mantelfläche aus rostartig nebeneinandergestellten Stäben *b* (Fig. 71 und 72) besteht, während die äussere mit einem Metallsieb *c* überzogen ist. Der durch einen seitlich angeordneten Fülltrichter *a* geworfene Thon gelangt in die innere Trommel, in welcher sich eine Anzahl Kugeln befindet, und wird hier bei der Rotation der Trommel durch die Kugeln zerschlagen und zerrieben, und dann durch die Zwischenräume der Roststäbe *b* gegen das Sieb *c* geschleudert, durch welches die staubfreien Theilchen hindurchgehen, während die gröberen zurückbleiben und durch die Schlitze *g* am Siebe *c* und die Spalten *e* wieder in das Innere der Trommel und somit nochmals auf die Kugeln gelangen. Das Thonmehl sammelt sich im untersten Theile des Gehäuses, dem Auslauftrichter *f*, welcher einen durch einen Schieber verschliessbaren Sackstutzen besitzt, um Säcke zur Aufnahme des Thonpulvers anhängen zu können.

Um in das Trommelinnere gelangen zu können, ist das Gehäuse mit einer Oeffnung *l* und die Stirnwand der Trommel mit einer entsprechend liegenden Oeffnung *m* versehen.

Die Leistungsfähigkeit dieser Kugelmühle ist hauptsächlich abhängig von der Feinheit des Siebes *c*, also von der verlangten Feinheit des Thonpulvers. Ein Apparat mittlerer Grösse vermag bei einem Siebe mit 20 Maschen (auf den englischen Zoll) 1350 *kg* Chamotte und bei einem Siebe von 40 Maschen 825 *kg* Thonschiefer in der Stunde zu pulverisiren. Zum Betriebe der Kugelmühlen ist je nach ihrer Grösse eine Kraft von 2½—11 Pferdestärken erforderlich.

Empfohlen wird auch die Kugelfallmühle, Patent Jenisch, die von der Maschinenfabrik von Herm. Löhnert in Bromberg gebaut wird, ferner die Kugelkippmühle von Brink & Hübner in Mannheim, die horizontale Kugelmühle mit selbstthätiger Sichtung und Aspiration (siehe Notizblatt 1894, S. 28) u. s. w.

7. Mörsermühlen. Dieselben ersetzen Steinbrechmaschinen und Walzwerk, eignen sich aber nicht zur Verarbeitung harter Stoffe, weil dann ihre Abnutzung eine ausserordentlich starke ist. Man unterscheidet bei ihnen zwei Arten, deren eine der Construction einer Kaffeemühle ähnelt, deren andere mechanisch dasselbe ausführt, was eine durch die Hand bewegte Keule im Mörser verrichtet.

Bei der ersten Art dreht sich ein geriffelter, kegelstumpfförmiger Hartgusskörper in einer inwendig geriffelten Hartgussglocke, und man erhält ein umso feineres Pulver, je tiefer ersterer in die Glocke eingesteckt wird. (Siehe Bischof, a. a. O., S. 252.) Bei der zweiten Art bewegt sich eine mittelst Excentric und Zahnradübersetzung in Schwingung versetzte und am unteren Ende auf einem beweglichen Zapfen sitzende Reibekeule innerhalb eines Mörsers in der Weise, dass sie sich bei ihrer Umdrehung abwechselnd von der Wand des letzteren entfernt und sich ihr wieder nähert, wobei sie die sich dazwischen befindenden Thonstücke zertrümmert. Aus einer Oeffnung im Mörser fällt das Thonpulver heraus. Dessen Feinheit hängt von der



liegen, befestigte und durch Uebersetzungen in Umdrehung versetzte Riffelwalzen in die Mahlkammer eingeführt. Letztere besitzt Lufteintrittsöffnungen mit Flügelklappen. Die beiden getrennt eingebrachten Theile des Mahlgutes, welches so kleinstückig sein muss, dass es vom Wirbelwind mit fortgerissen werden kann, prallen in Folge der entgegengesetzten Richtungen, die sie an nehmen müssen, heftig aneinander, wobei sie sich gegenseitig zermahlen, und zwar bis zu einem unfühlbaren Pulver. Durch einen regulirbaren Ventilator werden die gemahlenen Stoffe in, an die Mahlkammer gereihte, Niederschlagsgefässe geführt, welche je nach dem Stoff und dessen Feinheit verschiedene Grösse besitzen. In diesen Gefässen lagern sich die Stoffe nach dem Massstabe ihrer Feinheit und Dichtigkeit ab, so dass sie weder gesiebt noch gebeutelt zu werden brauchen.

Mit dem »Cyklon« können Stoffe mit einem Wassergehalte bis zu 20 % verarbeitet werden, weil dieselben durch die heftige Luftbewegung sehr schnell trocknen. Als Vorzüge dieser Maschine werden auch angeführt, dass sich dieselbe sehr wenig abnützt, weil die zu mahlenden Stoffe mit den Flügeln gar nicht in Berührung kommen, vielmehr durch den Wirbelwind von ihnen weg und stets nach der Mitte der Mahlkammer geschleudert werden, ferner dass sie keinen Staub und somit auch keinen Stoffverlust erzeugt, zur Bedienung nur eines einzigen Arbeiters und zur Aufstellung nur eines kleinen Raumes bedarf und sowohl die härtesten und schwersten, als auch die weichesten und leichtesten Stoffe (ausser Thon z. B. Cement, Hochofenschlacken, Mineralien u. s. w.) gleich gut zermahlt. Die Maschine liefert je nach ihrer Grösse und nach der Beschaffenheit des Mahlgutes in der Stunde bis 4000 *kg* unfühlbares Pulver.

G. Blockmühlen und Schleppmühlen. Zum Mahlen sehr harter Stoffe (wie z. B. Quarz, Feuerstein, Feldspath u. s. w.) benutzt man vielfach Blockmühlen, die aus einem Bodenstein bestehen, durch dessen Auge eine Welle geht, welche an ihrem oberen Ende drei wagrechte hölzerne oder eiserne Balken besitzt, an denen sich senkrechte Arme befinden, die eine Anzahl schwerer Blöcke aus Basalt, Porphyr, Granit, Hornstein oder Quarz bei der Umdrehung der Welle im Kreise herumschieben. Das Mahlgut wird trocken oder angenässt auf den Bodenstein geschüttet und durch diesen einfachen Apparat auf das Feinste gemahlen und innigst vermischt. Die Leistungsfähigkeit dieser sich wenig abnutzenden und wenig Ueberwachung bedürfenden Mühlen ist jedoch eine sehr mässige, da ein Theil des Mahlgutes zu fein gemahlen und dadurch Arbeit vergeudet und ein anderer unnöthig mit herumgeschleppt wird. (Siehe Bischof, a. a. O., S .259.) Zur Vermeidung dieses Uebelstandes wird ein zeitweises Schlämmen des Mahlgutes empfohlen. Eine grössere Leistung soll man erzielen, wenn man das Mahlgut trocken aufbringt.

Nicht so empfehlenswerth sind die Schleppmühlen, bei denen die Steinblöcke mittelst Ketten herumgezogen werden, wodurch leicht eine Verunreinigung des Mahlgutes durch abgeriebene Eisentheilchen hervorgerufen wird. (Näheres über diese Mühlen findet man in dem Werke von Kerl, Thonwaarenindustrie, S. 157.)

Schliesslich mögen noch als geeignet zur trockenen Homogenisirung des Thones die folgenden Maschinen angeführt werden:

Der Separator von Sichmon und Rost, gebaut von der Nienburger Maschinenfabrik zu Nienburg a. S.; dieser Apparat soll sich gut eignen zur

Zerkleinerung des Lehms bis zu einer krümligen Masse und zur Befreiung desselben von Kalkknollen, Kieselsteinen u. s. w. (siehe »Thonindustrie-Zeitung«, 1876, S. 38) — der Zerkleinerungs- und Separirapparat von W. Hess in Würzburg für trockenen Thon (siehe R. Gottgetreu, »Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien«, Bd. I, S. 204) — die Rittinger'sche Schleudermühle zur Zerkleinerung von Schieferthon und Kohlenschiefer (siehe Zwick, a. a. O., S. 277 und 278, und Bischof, a. a. O., S. 241 und 242) — die Kugelmühle von Hanctin und Sachsenberg (siehe Olchewsky, »Katechismus der Ziegelfabrikation«, S. 89 und 90) — das Schlagrad von Albert in Biebrich a. Rh. zum Mahlen und Mischen von feuchten, aber nicht sehr harten Stoffen (D. R. P. Nr. 1119) — der Schlagapparat von Durand und Chapitel in Paris für Steine und andere harte Stoffe (siehe »Maschinenbauer«, 1879, S. 413) u. s. w.

Sieben. Enthält der gemahlene Thon u. s. w. noch Bestandtheile, die gar nicht oder nur ungenügend pulverisirt sind, oder besitzt er Körner von verschiedener Grösse, oder ist die Thonmilch mit Stroh-, Holz- u. s. w. Theilchen verunreinigt, so muss die Masse noch gesiebt werden. Man benutzt hierzu entweder Geflechte aus Eisen- oder Messingdrähten, die beim Sieben von Thon bis 200 Maschen auf den Quadratcentimeter und beim Sieben von Quarz 3—4, beim Sieben von Chamotte und Sandstein aber nur 2—3 Drähte auf einen Centimeter erhalten, oder, weil sich diese Drahtgewebe sehr schnell abnützen, besser fein durchlochte (sogenannte perforirte) Metallbleche.

Man unterscheidet Flachsiebe, Handsiebe, Wurfsiebe, Schüttelsiebe, Trommelsiebe u. s. w. Die Wurfsiebe, durch welche der zu sortirende Stoff mittelst Schaufeln geworfen wird, werden in geneigter Stellung benutzt, Stoss- oder Schüttelsiebe mit den Zerkleinerungsmaschinen gleichzeitig bewegt, Trommelsiebe ebenfalls mit letzteren verbunden und in Umdrehung versetzt. Die Trommeln erhalten die Gestalt eines Cylinders oder eines sechskantigen Prismas.

§ 89. Das Formen der Ziegel mittelst Hand- und Maschinenarbeit.

Einleitung. Das Formen der Ziegel geschieht entweder von Hand oder mittelst Maschinen verschiedener Construction.

Die Handformerei ist für kleinere Betriebe und namentlich für solche, die während des Winters geschlossen sind, empfehlenswerther; für den Grossbetrieb dagegen und bei ununterbrochener Fabrikation während des ganzen Jahres stellt sich die Maschinenformerei trotz der hohen Anschaffungs- und Betriebskosten der Maschinen billiger, und sie ist stets einzurichten, wenn es sich darum handelt, eine sehr grosse Anzahl Ziegel in möglichst kurzer Zeit fertigzustellen, wenn es an tüchtigen Ziegelstreichern fehlt oder solche nur gegen sehr hohen Taglohn zu haben sind, oder wenn man sich überhaupt vom Arbeitspersonal möglichst unabhängig machen will. In einzelnen Fällen, so z. B. bei der Fabrikation von Hohlsteinen, können Maschinen kaum entbehrt werden.

Die Ansicht der Fachleute, welcher Herstellungsart der Vorzug zu geben ist, geht sehr auseinander. Während Einige die Handstrichziegel für besser halten, sind Andere der Meinung, dass Maschinenziegel den gleichen Werth besitzen, und wieder Andere, dass Maschinenziegel vor den Handstrichziegeln den Vorzug verdienen. Für die Handformerei dürfte der Umstand sprechen, dass man bei ihr, wenn eine nicht vollständig homogenisirte Thonmasse zu formen ist, leicht eine Verbesserung des Ziegelgutes vornehmen kann, indem man z. B. Steinchen und nicht aufgeweichte Thonstücke aus ihm mit der Hand entfernt, bei nicht genügender Bildsamkeit Wasser hinzusetzt und die Masse nochmals mit den Händen durchknetet, bei zu grosser Bildsamkeit Sand oder andere Magerungsmittel beimengt, bei grösserer Steifigkeit einen stärkeren Druck beim Einschlagen in die Form anwendet u. s. w. Auch lassen sich kleinere, beim Abstreichen und Entfernen entstandene Fehler an den Seitenflächen, Ecken und Kanten des Steines leicht durch die geübte Hand eines erfahrenen Ziegelstreichers ausbessern. Alles dies lässt sich durch Maschinen nicht ausführen, sodann sind dieselben noch sehr der Verbesserung fähig, auch ist es bis heute der Technik noch nicht gelungen, eine Maschine zu bauen, welche sich für jede Thonart gleich gut eignet. Man muss sich daher aus den vielen, im Handel vorkommenden Maschinen die für das vorliegende Ziegelgut geeignetste auswählen, wobei häufig Missgriffe gethan werden. Hat man aber (z. B. nach mehreren missglückten Versuchen) eine wirklich brauchbare Maschine für seinen Rohstoff gefunden, so kann dieselbe nur dann auf die Dauer sicher functioniren und gute Waare liefern, wenn die Thonmasse stets von der gleichen Beschaffenheit bleibt und die Maschine gut in Stand gehalten und sachgemäss bedient wird; durch jede wesentliche Veränderung des Rohstoffes oder bei einer falschen Behandlung wird die Maschine stets geschädigt werden oder nicht richtig functioniren.

Maschinenziegel sind dichter wie Handstrichziegel, weil bei ihrem Formen eine grössere Kraft angewendet wird, sie sind demgemäss schwerer und erfordern zu ihrer Herstellung eine grössere Thonmenge, andererseits besitzen sie eine grössere Festigkeit, auch schwinden sie um etwa zwei Drittel weniger beim Austrocknen und Brennen. Um ihr Gewicht zu vermindern, versieht man sie mit Hohlräumen. Häufig hört man die Klage, dass die mit der Strangpresse hergestellten Ziegel sich schwerer und schlechter mit dem Hammer behauen lassen als Handstrichziegel, weil sie eine mehr oder minder deutliche Structur besitzen. Dieselbe entsteht dadurch, dass die Kanten des

Thonstranges beim Passiren des Mundstückes einen grösseren Reibungswiderstand zu überwinden haben als der Kern desselben, dass demnach letzterer vorauseilt und nicht so stark gedichtet wird. Da die Geschwindigkeit der einzelnen Thontheilchen von der Mitte des Thonstranges nach den Aussenflächen abnimmt, so entstehen ringförmige Thonschichten. Diese Structur ist bei sehr plastischem, steif gepresstem Thon stärker als bei gemagertem und weich gepresstem. Durch die Structur kann aber auch die Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Ziegel sehr beeinträchtigt werden. Um die Festigkeit solcher Steine zu erhöhen, müssen die Ziegel bis zur eingetretenen Sinterung (Klinkerung) gebrannt werden. Endlich ist die Austrocknung des ungleich dichten und Structur besitzenden Maschinenziegels eine ungleichmässige, denn es trocknet der dichtere Kern langsamer als die weniger dichte Oberfläche.

Ein Vortheil der Maschinenformerei ist darin zu erblicken, dass die Ziegel so steif hergestellt werden können, dass man sie sofort aus den Formen herausnehmen und in den Trockengestellen ohne weiteres übereinander aufstellen kann und dass man bei Benutzung von Trockenpressen jede Trockenanlage erspart, weil man die trocken gepressten Steine nach ihrem Formen sogleich in den Ziegelofen einsetzen kann.

A. Handformerei.

a) Streichen oder Schlagen der Ziegel. Hierzu verwendet man einfache oder doppelte Formen aus Holz oder Gusseisen. Letztere sind die besseren. Die hölzernen Formen werden in Gestalt eines Rahmens hergestellt, dessen oberer Rand mit einer schwachen Eisenschiene beschlagen wird, damit die Form durch das Abstreichen mit dem Streichbrett nicht abgenutzt und mit der Zeit nicht niedriger wird. Der Rahmen besteht aus 1·5—2 *cm* starken gehobelten Buchen-, Aepfel- oder Birnbaumholz-Brettern und erhält meistens keinen Boden; er wird an den Schmalseiten mit Handgriffen versehen. (Fig. 73.) Die Grösse der Form richtet sich nach dem Schwindmass des Ziegelgutes, welches durch ein Probetrocknen und einen Probebrand festzustellen ist. Um eine immer gleichbleibende Schwindung zu erzielen, muss beim Einsumpfen und bei der weiteren Verarbeitung der Thonmasse stets die gleiche Menge

drückt die Thonmasse an den Seiten und in den Ecken fest an und streicht nun mit den Händen oder besser mit dem, aus dem mit Wasser gefüllten Behälter herausgenommenen, 45 *cm* langen, 7—8 *cm* breiten und 1·5 *cm* dicken Lineal (Streichbrett oder Streichholz) den Thonüberschuss ab, wobei er das Holz in solcher Neigung führt, dass es mehr eindrückend als schabend wirkt. Dieses Streichbrett muss täglich untersucht werden, weil es sich auf dem Eisenbeschlag der Form schnell abnutzt, wodurch dann ungleiche Ziegel entstehen. Um die Form möglichst vollständig mit Thonmasse auszufüllen, kann man sie auf ein Brettchen stellen, mit diesem nach geschehener Füllung aufheben und mit aller zu Gebote stehenden Kraft gegen den Streichtisch schlagen.

Die abgestrichene Masse darf nicht auf die übrige Thonmasse geworfen werden, weil sonst bald zu viel Sand in die letztere gelangen und dadurch die Güte der Waare beeinträchtigt werden würde; die Abstrichmasse ist vielmehr in den Sumpf zurückzubringen.

Die gefüllte Form zieht der Abträger an sich, kantet sie auf und trägt sie in dieser Stellung nach dem Trockengerüst; hier setzt er sie auf die Kante und kippt sie dann schnell um, indem er sie gleichzeitig in die Höhe hebt, wobei der Stein leicht aus der Form herausgleitet. Die leere Form bringt er zum Streichtisch zurück, bestreut sie inwendig mit Sand und überreicht sie dem Ziegelstreicher, von dem er die inzwischen gefüllte neue Form empfängt.

Wird noch ein dritter Arbeiter zum Zutragen der homogenisirten Thonmasse eingestellt, so kann ein geübter Former täglich bis etwa 3000 Ziegel formen, und diese Leistung steigert sich noch bei Verwendung von Doppelformen.

Um bei eingetretener Abnutzung nicht die ganze Tischplatte abhobeln zu müssen, wird häufig auf den Streichtisch ein Brett von solcher Grösse aufgenagelt, dass die aufgesetzte Form es nur zum Theil bedeckt; ein solches Brett lässt sich leicht erneuern. Arbeiten zwei, sich einander gegenüberstehende Former an einem Streichtisch, so nagelt man zwei Bretter auf zwei benachbarte Tischecken auf und stellt einen etwa 60 *cm* langen, mit Wasser gefüllten Trog zum Benetzen der Formen zwischen sie.

Beim Formen von fettem Thon empfiehlt es sich, um den Stein besser vom Streichtisch abziehen zu können, letzteren dünn mit feingesiebtem trockenen Sand zu bestreuen und die Form in diesen einzurütteln.

Beim Nassformen wird in gleicher Weise wie beim Sandformen verfahren, nur werden, wie bemerkt, weder die Formen noch die Thonmasse mit Sand bestreut, sondern mit Wasser benetzt.

b) Nachpressen. Verblender, Fussbodenplatten, Chamottesteine, Dachziegel u. s. w. müssen mit völlig scharfen Kanten und Ecken und geraden, glatten Oberflächen hergestellt werden und ein gleichmässiges Format erhalten. Zu diesem Zwecke werden diese Thonwaaren, nachdem sie in der beschriebenen Weise geformt und darauf bis etwa zur Lederhärte getrocknet sind, in eine am besten metallene Form mit polirten und eingeölten Innenflächen gelegt und auf einer Hand- oder Maschinenpresse nachgepresst. Um beim Pressen keine bedeutende Kraft anwenden zu müssen, dürfen die geformten Steine und Platten nur mässig getrocknet werden, so dass sie noch bildsam und namentlich ohne harte Kanten sind. Bei zu weichen Waaren ist der Erfolg des Nachpressens ein sehr geringer. Es empfiehlt sich, Mauersteine lederhart, Dachziegel u. s. w. etwas weicher zu pressen. Durch das

Nachpressen werden die Waaren dichter, schwerer und haltbarer und erhalten ein mehr faseriges Gefüge. Zum Pressen benutzt man Handpressen mit langem Hebelarm oder mit Kniehebel oder mit Excenter (z. B. die von der Nienburger Maschinenfabrik gebauten Handpressen) oder endlich mit einer Schraube und, wenn besonders harte Steine (z. B. künstliche Pflastersteine) nachgepresst werden sollen, hydraulische Pressen (z. B. die von Brink und Hübner in Mannheim gebauten), ferner Dampfpressen (z. B. die von Daelen construirten, siehe »Dingler's Polyt. Journal«, Bd. CCXIV, S. 285) u. s. w. Bewährte Nachpressen lieferte auch C. Schlickeysen in Berlin (siehe »Thonindustrie-Zeitung«, 1879, S. 301), Morkramer (siehe »Dingler's Polyt. Journal«, Bd. CLXIX, S. 109), Jordan in Darmstadt, Koller, Jäger (siehe »Dingler's Polyt. Journal«, Bd. CLXXVIII, S. 180), Dr. Bernhardi Sohn (G. E. Draenert) in Eilenburg bei Leipzig u. s. w.

Die Handpressen zeichnen sich durch eine einfache Construction, durch leichten Transport und durch verhältnissmässige Billigkeit aus. Eine sehr empfehlenswerthe, fahrbare Handpresse liefert die Nienburger Eisengiesserei und Maschinenfabrik in Nienburg a. d. Saale, Figur 74. Mit derselben können Steine von verschiedener Länge, Breite und Höhe nachgepresst werden, weil man bei ihr Formkästen von verschiedenen Abmessungen anwenden und leicht auswechseln, sowie die den oberen Pressstempel tragende Traverse in der Höhe verstellen kann. Durch Drehen am Schwungrad wird die Pressung des Steines sowie der Verschluss und das Oeffnen der Form selbstthätig vollzogen. Beim Arbeitsbeginn ist darauf zu achten, dass die Luftlöcher im oberen Pressstempel nicht durch Thonmasse u. s. w. verstopft sind. Form und Stempel sind von Zeit zu Zeit mit Fuselöl u. dergl. einzufetten. Der zu pressende Stein wird auf den unteren Pressstempel gelegt und dann das Schwungrad kräftig gedreht, wodurch die Form geschlossen und der Stein zwischen Ober- und Unterstempel kräftig zusammengedrückt wird. Gewöhnlich genügt ein kräftiger Schlag mit dem Schwungrad, manchmal sind jedoch zwei Schläge zur richtigen Pressung nothwendig.

Um saubere Steine zu erhalten und durch das Nachpressen eine werth-

construirte eiserne oder bronzene Formen mit polirten und eingeölten Innenflächen und eine auf das Sorgfältigste homogenisirte und mit möglichst wenig Wasser angemachte Thonmasse. Das benützte Oel muss recht fett und ferner so beschaffen sein, dass es im Ziegelofen vollständig verbrennt und auf dem Stein keine Missfärbung erzeugt. Die Oelsteine sind sehr fest zu formen, damit sie ihre Form beim Trocknen nicht verändern.

d) Beschneiden. Scharfe Kanten und saubere Flächen lassen sich auch durch Beschneiden der Steine erzeugen. Auch dann werden die letzteren aus einer sehr sorgfältig vorbereiteten und möglichst steifen Thonmasse geformt und bis zur Lederhärte getrocknet. Nach dem Trocknen legt man die Steine in eine offene, winkelrechte Form, die etwas grösser als das Steinformat und sowohl oben als auch an den Winkelseiten mit Eisenblech beschlagen ist, und klemmt sie in derselben mit einem Keil fest, sodann beschneidet man die einzelnen Steinflächen der Reihe nach mit scharfen, 25 bis 30 *cm* langen Messern, und zwar mit Hilfe eiserner Schablonen oder Modelle. Alle Unebenheiten der Flächen werden mit den sich ergebenden Thonabfällen durch Streichen mit einem breiten Messer beseitigt. Damit das Steinformat auch nach dem Beschneiden der vorgeschriebenen Grösse entspricht, wird der Stein von vornherein entsprechend grösser hergestellt. Der beschnittene Stein muss vorsichtig und vollständig getrocknet werden, ehe er in den Brennofen kommt, damit er nicht sein Format ändert.

Auf die gleiche Weise verbessert man keilförmige oder kreisförmige Steine für Gewölbe und Brunnenmauerwerk, mitunter auch Gesimssteine, Form- und Profilsteine u. s. w., nachdem man sie in entsprechend gestalteten Formen gepresst hat.

Sollen bei Façadenverblendungen die Verblendsteine an der Aussenseite der Mauer scharf aufeinandersitzen und die Strecker in die vertieften Schichten des Hauptmauerwerkes eingreifen, so müssen die Verblender keilförmig geschnitten werden, so dass auch die sämmtlichen Lagerfugen eine keilförmige Gestalt erhalten. Dadurch wird eine Trennung der vorgeblendeten Mauer von der Hauptmauer verhindert, die entstehen würde, wenn sich erstere noch setzt, nachdem im Hauptmauerwerk längst Ruhe eingetreten.

e) Engobiren. Es empfiehlt sich, die durch Nachpressen oder Beschneiden geglättete Oberfläche der Steine (z. B. der Verblender) mit einem farbigen oder weissen (sich roth oder weiss brennenden) dickflüssigen Thonschlamm gleichmässig zu überziehen, d. h. zu engobiren. Dieser Ueberzug trocknet sehr schnell und wird glänzend, wenn man ihn nach dem Trocknen mit einem breiten Polirmesser glättet. Engobirte Steine besitzen eine grössere Wetterfestigkeit als gewöhnliche, auch haftet an ihnen nicht so leicht der Staub. Durch Auftragen verschieden gefärbter dickflüssiger Thonmassen und mit Benutzung von Schablonen lassen sich die Steinoberflächen in beliebiger Weise farbig mustern und z. B. mosaikartige Steine erzeugen.

Nicht farbige Muster stellt man auf den Steinoberflächen, wie oben bemerkt wurde, durch Pressen unter Benützung von gemusterten Einlegeplatten her.

f) Herstellung von Form- und Profilsteinen. Sollen Formsteine ein einfaches, durch ihre ganze Dicke gehendes Profil erhalten, so streicht man die Thonmasse in entsprechend gestaltete, stark construirte, eichene oder besser eiserne Formen, welche inwendig mit Oel bestrichen und auf einen

glatt gehobelten und mit Leinwand bedeckten Eichenklotz gelegt werden. Die Thonmenge wird so gewählt, dass der Thon nach dem vollständigen Ausfüllen der Form noch um einige Centimeter übersteht. Auf die überstehende Masse wird Leinwand gelegt und dieselbe mit einer 7—8 *cm* dicken, festen Bohle bedeckt. Dann schlägt der Ziegelstreicher mit einem schweren Hammer oder einer kleinen Handramme kräftig auf die Bohle, um die Thonmasse zu verdichten, entfernt hierauf Bohle und Leinwand, beseitigt mit dem Streichbrett die überflüssige Masse, kehrt die Form um und legt den Stein auf das mit Sand bestreute Trockenbrett. (Siehe Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, 1882, Bd. II, S. 363.)

Bei der Herstellung von Profilsteinen für Thür- und Fenstereinfassungen wählt man nach Bock (a. a. O., S. 84) eine aus 6—10 *mm* starkem Flacheisen (bei geringerem Bedarf an Profilsteinen auch aus gutem, festem Holz) und ohne Profilirung hergestellte Form (Fig. 75), welche mit einem etwa 3 *cm* grossen Vorsprung an der einen Langseite *a* für den Anschlag des Thür- oder Fensterrahmens versehen ist. Das nach einem Holzmodell in Gyps geformte und mit einer aus Blei und Antimon bestehenden Mischung (Schriftgiessermetall) abgegossene Profil wird mit zwei kleinen versenkten Schrauben an der einen, etwas stärkeren Ecke *b* befestigt, in welcher sich schwalbenschwanzförmige Einschnitte *c* zum festeren Einsetzen der Profilform befinden. Dieselbe Form lässt sich, nur mit anderen Einsätzen versehen, zu den verschiedensten profilirten Steinen benutzen.

Der Ziegelstreicher drückt zunächst die Thonmasse in die einzelnen Glieder des Profiles ein und schlägt dann den übrigen Theil der Form mit Thon aus, so dass letzterer noch in einer Höhe von etwa 5 *cm* die Form überragt; hierauf dichtet er die Masse mit einer kleinen Handramme, streicht dann das Ueberflüssige sorgfältig ab, bestreut den Stein auf beiden Seiten mit Sand, bringt die Form auf ein Brett, welches das gleiche Profil und dieselbe Grundfläche wie der Stein besitzt und in der Mitte mit einem Stiel versehen ist, und drückt den Stein mittelst dieses Brettes vorsichtig aus der Form heraus, dann putzt er denselben mit einem Messer nach, reinigt ihn

seiner Ausmauerung. An den Winkelseiten dieser Form befestigt man durch Dübel die gegliederten, an den Winkeln auf Gehrung stumpf zusammengestossenen Einsatzfutter. Sollen die Ecksteine an der oberen Seite abgeschrägt werden, so bringt man an dieser Seite ein mit den für diese Abwässerung nöthigen keilförmigen Futterstücken versehenes Bodenbrett an, auf welchem 2 *cm* starke Leisten befestigt sind, um die auf dieses Bodenbrett zwischen die Futterstücke gelegte Mutterform richtig einsetzen und gegen Verschiebungen sichern zu können. Diese Form wird hiernach von der dem Bodenbrett entgegengesetzten Seite aus gefüllt. Damit sich die Profile nicht verdrücken, wird der geformte Stein auf die der Gliederung entgegengesetzte Seite gelegt. Gesimswinkelsteine werden in gleicher Weise geformt.

Der Formkasten wird an einem kühlen Orte aufbewahrt, damit der Stein langsam austrocknen kann. Sobald letzterer genügend getrocknet ist, so dass man eine Veränderung seiner Gestalt nach Beseitigung des Formkastens nicht mehr zu befürchten braucht, wird die Form auseinandergenommen. Beim Herausnehmen des Steines ist das Bodenbrett zuerst abzuheben, dann das Seitenstück, auf dem der Stein liegt, durch einen Schlitz herauszuziehen und der Stein auf das Trockenbrett zu legen. Besitzen die Steine ein grösseres Format, so wird auf das Trockenbrett eine (bis 5 *cm* hohe) Sandschicht aufgebracht. Der Stein bleibt auf dem Trockengestell bis zu seiner vollständigen Austrocknung liegen, bevor man ihn in den Brennofen bringt.

Man kann auch die Profile aus dem bis zur Lederhärte getrockneten Stein mit verschieden gestalteten Messern herausschneiden; dies geschieht vielfach bei grossen, aus gut homogenisirtem Thon geformten Steinen, die dann zwischen Lehren eingespannt werden, an denen die gewünschten Gliederungen ausgeschnitten sind. Nach der fertigen Bearbeitung kann man die Steine noch mit einem feinen Thonschlamm überziehen (engobiren) und endlich mit einem breiten Polirmesser glätten und glänzend machen. (Siehe O. Bock, a. a. O., S. 87.)

h) Formen von feuerfesten Steinen (Hochofengestellsteinen u. s. w.). Feuerfeste Steine von grösserer Schwere formt man in eisenbeschlagenen Holzformen oder in Formen aus Eisenblech oder aus Gusseisen. Eiserne Formen sind empfehlenswerther, weil haltbarer.

Fig. 76 zeigt einen Formkasten, welcher aus einem 6 *mm* starken Eisenblechrahmen besteht, der durch quadratische, 1·8—2·4 *cm* starke Eisenstäbe *b* verstärkt und mit Handhaben *c* ausgestattet ist. Den Boden der Form bildet ein ebenfalls 6 *mm* starkes Eisenblech, das durch Klötze *e* in der Mitte unterstützt ist und auf den unteren Eisenstäben liegt. (Siehe C. Bischof, a. a. O., S. 331.) — Um das Formen zu beschleunigen, benutzt man auch Doppelformen, die nur durch ein Eisenblech von einander getrennt sind.

Der Ziegelstreicher wirft zunächst nur so viel Thonmasse in die Form, dass er die Ecken damit gut ausdrücken kann, dann füllt er den übrigen Raum der Form entweder auf einmal oder besser lagenweise mit Thon aus. Wendet man das letztere Verfahren an, so muss man nach jeder Schicht die Oberfläche derselben mit einem Kratzer aufrauhen, damit sich die folgende Lage mit dieser besser verbindet. Die Thonmasse wird in solcher Menge eingebracht, dass nach dem Dichten derselben mit einer etwa 2·25 *kg* schweren Handramme noch ein Ueberschuss vorhanden ist, und letzterer schliesslich mit dem Streichmesser entfernt. Hierauf glättet man die Oberfläche mit dem

Spatel und bestreut sie mit trockenem und fein pulverisirtem Quarz oder besser mit Chamottemehl. Sodann stürzt man den Stein aus der Form heraus und auf ein mit Sand bestreutes Brett. Nachdem man den Stein nochmals überputzt hat, bringt man ihn mit dem Brett auf das Trockengestell oder, um sein Austrocknen, das bei seiner Grösse längere Zeit beanspruchen würde, zu beschleunigen, auf die mittelst einer Canalheizung mässig erwärmte Sohle des Formraumes, woselbst man ihn einige Tage stehen lässt, ehe man ihn an der Luft weiter austrocknen lässt. Das Herausstürzen des Steines aus der Form bereitet keine Schwierigkeiten, wenn man die letztere am oberen Rande etwa 3 *mm* länger und breiter macht.

Zur Herstellung von Pressziegeln benutzt man die in Figur 77 abgebildete Form. Dieselbe besteht aus einem vollkommen dichten, porenlosen und festen Gusseisenkörper *a* mit gehobelten und polirten Innenflächen und Stossflächen, welcher mit zwei heiss aufgetriebenen schmiedeeisernen Ringen *b* verstärkt und mit Handhaben *c* sowie mit Rillen *d* für den Austritt der Feuchtigkeit versehen ist. Auf dem oberen Rand des Gusseisenkörpers sitzt ein Ring *e* von 8—9 *mm* Höhe. Den Boden der Form bildet eine, genau in die Form passende Eisenplatte von 7 *mm* Dicke. (Siehe C. Bischof, a. a. O., S. 333.) — Die Füllung der Form erfolgt, wie oben beschrieben wurde, lagenweise, dann wird auf die Thonmasse eine Gussstahlplatte von etwa 2·5 *cm* Dicke aufgelegt, das Ganze unter eine Presse gebracht u. s. w.

Andere empfehlenswerthe Formen haben Kerpely und Kühne construirt.

i) Das Formen von Dachziegeln. Mit der Hand werden heutzutage wohl nur noch gewöhnliche Bieberschwänze, Hohlziegel, Pfannen und sogenannte Krämpziegel geformt. Dieselben stellt man aus einer besseren, sorgfältiger homogenisirten, zäheren und steiferen Thonmasse her als wie gewöhnliche Mauersteine.

Bei der Handformerei von Dachziegeln werden verschiedene Verfahren angewendet, von denen wir hier nur die gebräuchlichsten kurz beschreiben wollen. Handelt es sich um die Herstellung von Flachziegeln (Bieber-

Stück Nussbaumholz hergestellten, möglichst leichten Form gebracht. Die dünnen Blätter müssen soviel Steifigkeit und Zusammenhang besitzen, dass man sie ohne Unterlage aufheben kann, und dass sie ihre neue Gestalt unverändert beibehalten.

Die in Figur 79 abgebildete, mit Füssen *d* und Handhabe *h* versehene Form für Dachpfannen enthält bei *a* eine Vertiefung für die Nase und ist bei *b* zur Bildung der Schlusskrempe abgerundet, die gegen die vorspringende Leiste angestossen wird. Damit sich der Dachziegel der oberen Reihe beim Eindecken besser anlegen kann, ist die Ecke bei *b* abgeschrägt. Die Länge der Form entspricht am besten genau der Ziegellänge, die Tiefe der Aushöhlung dagegen wird etwas grösser gewählt, als die des Ziegels betragen soll; Kopf- und Seitenwände kann man der grösseren Haltbarkeit wegen mit Eisenschienen bekleiden. (Siehe O. Bock, a. a. O., S. 90 und Tafel 1, Fig. 18.)

Zum Absetzen der Ziegel benutzt man ein aus leichtem Erlen- oder Lindenholz hergestelltes, in der Mitte seines Rückens etwa 3 *cm* dickes und nach dem einen Ende schmäler und dünner auslaufendes Werkzeug von derselben Länge, aber kürzerer Breite wie der Ziegel. (Figur 80.)

B. Maschinenformerei.

Das Formen der Steine erfolgt hier mit Benutzung von verschieden construirten Pressen. Die Maschinenziegel können sowohl aus nassem als auch aus mässig angefeuchtetem oder aus lufttrockenem Thon erzeugt werden. Hiernach unterscheidet man drei Arten von Formmaschinen, nämlich: Nasspressen, Halbtrockenpressen und Trockenpressen.

I. Nasspressen. Die Nasspressen lassen sich in folgende Gruppen eintheilen:

1. Maschinen, welche die Handformerei nachahmen. Sie besitzen gewöhnlich einen beweglichen gusseisernen Formrahmen. Hierher gehören die Stempelpressmaschinen, welche die aus dem Thonschneider kommende Thonmasse mittelst Stempel in einzelne hölzerne oder eiserne Formen drücken, die wie die Druckfläche der Pressstempel angenässt und mit Sand bestreut oder, wenn die Formen aus Eisen bestehen, eingeölt werden, um ein zu starkes Anhaften der Thonmasse zu verhüten. Solche Maschinen liefern gut aussehende Steine von gleichmässiger Structur, jedoch von unvollkommener Form. Eine vielfach, besonders in Nordamerika und England, benutzte Maschine dieser Art ist die sogenannte canadische Presse von Hall. (Näheres siehe »Notizblatt«, 1874, S. 234.) Zu dieser Gruppe gehören auch die Maschinen von Carville, Gonin, Henry, Platt u. s. w.

2. Maschinen, deren Formen sich auf einer wagrechten, um eine senkrechte Achse sich beständig oder ruckweise drehenden Tischplatte befinden und einen beweglichen Boden in Gestalt eines Stempels besitzen, mit welchem auch der Stein aus der Form herausgehoben werden kann. (Siehe »Notizblatt«, 1874, S. 236.) Die Füllung dieser Formen erfolgt aus dem Thonschneider oder durch besondere Stempel oder durch Druckwalzen bei tiefster Lage des Bodenstempels, die Zusammenpressung der Thonmasse unter einer Druckplatte mittelst des Bodenstempels. Diese Maschinen vollbringen das Pressen ziemlich vollkommen, das Formen aber nur unvollkommen. Oder man ordnet die Formen auf der gekrümmten, äusseren oder inneren Fläche eines um eine wagrechte Achse sich beständig oder ruckweise drehenden Cylinders, auch wohl auf einer feststehenden Tischplatte an. Stempelmaschinen dieser

zweiten Gruppe wurden von S. Bawden und Comp. in London (canadische Presse; siehe »Notizblatt«, 1872, S. 126), Dubay, Jones, Holmes, Julienne, Longley u. s. w. gebaut.

3. Maschinen mit einer Form zum Ausstechen der Ziegel aus einer maschinell erzeugten, plattenförmigen Thonmasse. Man benützt diese Maschine hauptsächlich, wenn es sich um Erzeugung von Verzierungen an den Steinen handelt.

4. Maschinen, die durch Pressen oder Walzen u. s. w. einen zusammenhängenden, fortlaufenden Thonstrang erzeugen, welcher die Ziegellänge zur Breite besitzt, sich auf einer wagrechten beweglichen Unterlage fortbewegt und mit Hilfe eines straff gespannten Drahtes in einzelne Steine von dem gewünschten Formate zerschnitten wird. Hierher gehören die Schnecken-, Walzen- und Kolbenpressen. Derartige Maschinen sind von Clayton, Sachsenberg, Hertel, Schlickeysen u. s. w. construirt worden.

Da die Maschinen ad 1—3 heute nur noch selten benutzt werden, so wird von einer weiteren Besprechung hier Abstand genommen.

Die Maschinen der letzten Gruppe (Strangpressen) bestehen aus einer Thonknet- und Mischmaschine, einer Presse und einer Formmaschine und besitzen bei den älteren Constructionen eine senkrechte, bei den neueren eine wagrechte Arbeitswelle.

Zu den besten Constructionen dieser Art gehört die von der Firma Clayton Son and Howlett, Atlas Work Harrowroad, London, gebaute Ziegelpresse (Figuren 81—82), welche fast ausschliesslich in England benutzt wird. In einem Gusseisengehäuse *A* befindet sich ein Walzenpaar *B*, welches die mittelst Karren herangeschaffte und in den Rumpf des Gehäuses eingeschüttete, sowie durch eine sich drehende und mit Armen ausgestattete Welle *C* über die beiden Walzen vertheilte Thonmasse zerdrückt und dieselbe durch einen, aus einer mit 16 Messern armirten Welle *E* bestehenden, horizontal liegenden Thonschneider einer viereckigen, gusseisernen Kolbenpresse *S* zuführt, deren Kolben zwei fortlaufende Kolbenstränge abwechselnd rechts und links aus zwei dort angebrachten Mundstücken herauspresst. Diese

Gusseisengestellen *a a* und werden durch die Stirnräder *c c* mit einer gleichen Geschwindigkeit gedreht. Die Stirnräder erhalten ihre Bewegung durch Riemenscheiben *d* und kräftig construirte Rädervorgelege *e f g h*. An dem Gestell sitzt vor den Presswalzen ein starker Gusseisenkasten *K*, vor dem das der gewünschten Ziegelform entsprechend gestaltete Mundstück *l* befestigt ist. Unmittelbar an das sorgfältig bearbeitete Mundstück schliesst sich ein mit Rollen *m m*, welche mit Filz oder sogenanntem englischen Leder überzogen sind, versehener Tisch an, auf dem sich ein sinnreich construirter Abschneideapparat *o* leicht hin- und herbewegen lässt. Ueber dem Walzenpaar steht ein (in Fig. 83 nicht dargestellter) Thonschneider von gewöhnlicher Construction. In diesen wird die genügend vorbereitete Thonmasse oben eingeworfen und gelangt, gehörig geknetet, aus demselben, nachdem sie gewöhnlich noch einen Zerkleinerungsapparat passirt hat und von diesem in dünne Stücke zerschnitten worden ist, in den Rumpf *i* des Gusseisengestelles und von dort auf die Walzen, welche die Thonmasse erfassen, einziehen und in den Kasten *K* drücken, aus dessen Mundstück sie als ein zusammenhängender, fortlaufender Strang vom Querschnitt des zu formenden Ziegels heraustritt und bei ihrer allmäligen Vorwärtsbewegung über die Rollen in der Tischplatte bis an den Abschneideapparat *o* gelangt, auf dessen leicht beweglichen Wagen sie sich auflegt. Bei weiterem Vorrücken des Thonstranges nimmt derselbe diesen Wagen mit seiner eigenen Geschwindigkeit mit, so dass es möglich ist, den Strang stets winkelrecht zu zerschneiden, ohne den Betrieb zu unterbrechen. An diesem Wagen ist ein Rahmen *q* angebracht, welcher sich oben und unten führt und einen dünnen, straff gespannten Stahldraht besitzt, mit dem vom Strang ein Stück abgeschnitten wird, das die Gesammtdicke von drei Ziegeln zur Länge hat und sich auf einen zweiten, zum ersten wagrecht verschiebbaren Rahmen legt. Dieses Stück wird dann durch zwei am Wagen *o* befestigte und zwischen einem Gestell genau parallel eingespannte Stahldrähte *t t*, gegen die es gedrückt wird, schnell in drei gleiche Theile zerlegt. Sobald dies geschehen ist, schiebt man den Wagen gegen den Thonstrang zurück und vollführt in gleicher Weise einen neuen Abschnitt u. s. w. Ein Stoffverlust tritt also bei diesem Abschneideverfahren nicht ein.

Mittelst der Sachsenberg'schen Ziegelpresse lassen sich sowohl fette wie magere, gemengte wie mit Sand vermischte Thonmassen gleich gut verarbeiten. Der starke Druck der Maschine erzeugt eine sehr sorgfältige Mischung und die Abschneidevorrichtung Steine mit durchaus scharfen Kanten und rechten Winkeln. Diese Maschine vermag in einer Stunde 1200—1500 Ziegel fertigzustellen und erfordert zu ihrem Betrieb eine 6—8pferdige Dampfmaschine.

Eine neuere Maschine, durch welche der Thon gut homogenisirt, geformt und gleichzeitig getrocknet wird, ist die von Hertel & Comp. construirte, welche in den Figuren 86—93 mit ihren Einzelheiten dargestellt ist. Figur 86 zeigt einen Längenschnitt der Formmaschine mit der Ansicht des Mischcylinders und des über demselben angeordneten Walzwerkes, Figur 87 eine Aufsicht auf letzteres, Figur 88 eine Seitenansicht der ganzen Maschine und den Wärme- und Mischcylinder im halben Durchschnitt, Figur 89 den Grundriss, Figur 90 den Querschnitt der Abschneidevorrichtung, Figur 91 einen theilweisen Längenschnitt desselben, Figur 92 das Profil eines Vollsteines von gewöhnlicher Stärke und Figur 93 das Profil eines keilförmigen Steines. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 327 ff. und Fig. 31—38.)

Der frisch gegrabene und ausgewinterte Thon wird in einen, über einem Walzwerk liegenden Trichter geschüttet und gelangt von dort auf die Walzen *A* und A^1, von denen erstere mittelst Gummipuffer (aus abwechselnden Gummi- und Eisenplattenlagen bestehend) und darauf wirkender Schraube *b* je nach der Beschaffenheit der zu verarbeitenden Thonmasse eingestellt werden kann und durch die Kuppelräder *R* in Umdrehung versetzt wird, während die andere Walze A^1, die zum besseren Haften der Thonmasse auf ihrer Mantelfläche mit drei spiralförmigen Nuthen ausgestattet, fest gelagert ist und durch das Vorgelege *V* getrieben wird. Die Thonmasse verlässt das Walzwerk in der Gestalt einer dünnen Platte, sammelt sich in einem, unter dem Walzwerk liegenden Trichter und gelangt dann in den horizontal liegenden Wärme- und Mischcylinder, welcher eine zum Mengen und Fortbewegen der Thonmasse nach dem Presscylinder bestimmte und mit Messern besetzte Welle trägt. Nur wenn der Thon steinig ist, passirt er vorher noch ein zweites, kleineres, mit 2·5facher Geschwindigkeit gegen die oberen Walzen arbeitendes Walzenpaar, in welchem eine weitere Verarbeitung der Masse vorgenommen und z. B. Thon- und Mergelknollen zu einem sehr feinen Faden ausgezogen werden.

Der Thon wird in dem Wärme- und Mischcylinder durch das am hinteren Ende des Presscylinders einmündende Dampfablassrohr der Maschine erwärmt, plastischer und leichter formbar gemacht.

Die ebenfalls wagrecht angeordnete Ziegelformmaschine, in welche die Thonmasse aus dem Mischcylinder gelangt, ist auch mit einer stählernen Messerwelle *c c* ausgestattet, welche in Lagern des Deckels *B* und des Balkens *S* ruht und durch ein doppeltes Rädervorgelege mit fester und loser Riemenscheibe ihren Antrieb erhält. Durch diese Messerwelle wird die Thonmasse nochmals verarbeitet und hierauf durch die schraubenförmig auf der gusseisernen Nabe *e e* befestigten Doppelschaufeln *d d* nach dem Ausgangskopfstück *E* geschoben, das mit einer Reinigungsöffnung auf jeder Seite versehen ist und in seinem unteren Falz das oben mit zwei Klammern *f* befestigte Mundstück *D* trägt. Die Thonmasse gelangt aus letzterem in Form eines fortlaufenden Stranges

mittelst der Gelenkstücke *s s*[1] einander genähert werden, indem sich diese auf den Führungsstangen *y* parallel verschieben; hierdurch findet ein festes Zusammenpressen der 6 Thonstreifen statt. Während der weiteren Fortbewegung des Thonstranges und Wagens wird der, mit einem eingespannten Draht versehene Rahmen *N* hindurchgezogen, so dass der Draht zwischen die Klemmplatten *v* und *v*[1] hindurchgleitet und die richtige Länge vom Strang abschneidet, ohne die Kanten der Steine zu verletzen. Sobald dies geschehen ist, wird der Hebel *M* niedergedrückt, wodurch sich die 4 Formstempel auf der Steinoberkante abdrücken. Diese Stempel hebt eine Feder wieder ab, sowie Hebel *M* losgelassen wird. Drückt man nun den Hebel *L* nieder, so hört das Zusammenpressen des Thonstranges auf und die abgeschnittenen Steine gehen, wenn die Klappe *F* um 90° gedreht wird, hinten durch, indem der Wagen *w* festgehalten wird. Die abgeschnittenen Steine gelangen dann auf das Trockengestell. Endlich wird die in beiden Endstellungen durch Federklinken festgehaltene Klappe *F* wieder in ihre ursprüngliche (verticale) Stellung gebracht, der Wagen näher an das Mundstück herangefahren und das Verfahren wiederholt. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 332.)

Bei der neuesten Hertel'schen Maschine wird der Thonstrang durch eine andere Abschneidevorrichtung quer durchgeschnitten, so dass keine Abfälle mehr entstehen.

Da man die Stahldrähte beliebig einstellen und verschieden geformte Mundstücke in den Presskopf einsetzen kann, so lassen sich mit dieser Maschine Steine in allen möglichen Formen (Voll- und Hohlsteine, Gewölbe- und Keilsteine, Gesimse- und Formsteine, auch Drainröhren u. s. w.) herstellen.

Zum Betriebe der Hertel'schen Ziegelpresse, die in der Stunde etwa 1000 Steine liefert, ist eine 10—12 pferdige Dampfmaschine erforderlich.

Die in Figur 94 dargestellte stehende Dampfziegelpresse wird von C. Schlickeysen in Berlin gebaut. Die Thonmasse wird dem (bereits im § 88 näher beschriebenen) stehenden, mittelst einer Dampfmaschine betriebenen Thonschneider durch einen Elevator zugeführt, durch die langsam rotirende (und sich daher wenig abnutzende) Messerwelle gut verarbeitet und dann gleichzeitig aus zwei sich diametral gegenüberliegenden Mundstücken horizontal in einem fortlaufenden Strang ausgepresst, so dass die etwa von den treibenden Flügeln erzeugte Structur zerstört wird. Der Thonstrang gelangt nach dem Verlassen des Mundstückes auf einen Rollentisch und dann unter die Abschneidevorrichtung. Alle Räder und Riemenscheiben sind unter dem Fussboden angeordnet, damit der Raum um die Maschine gänzlich frei bleibt und der Betrieb möglichst wenig Geräusch verursacht, auch die zur Bedienung nothwendigen Arbeiter keine Gefahr laufen.

Die grösste, von C. Schlickeysen gebaute Maschine dieser Art liefert bei einer Betriebskraft von 20—25 Pferdestärken 4000—6000 Ziegel in einer Stunde.

Bei allen Nasspressen ist das Mundstück, dessen Grösse nach der beim Trocknen und Brennen des Steines eintretenden Schwindung zu bemessen ist, auswechselbar, damit man mit einer und derselben Presse verschiedene Steinformate erzeugen kann, und es ist deshalb mit dem Thonschneider nur durch Schrauben oder Knebel- und Klinkvorrichtungen verbunden. Das Mundstück besteht meistens aus mehreren, schablonenartig

ausgeschnittenen, auf einer Eisenplatte aufgeschraubten Holzplatten, die innen mit Zinkblech oder »englischem Leder« bekleidet sind, oder aus inwendig polirtem Stahl oder aus Bronze und wird beständig mit reinem Wasser oder mit Seifenwasser angenässt oder eingeölt, um einen glatten und scharfkantigen Thonstrang zu ermöglichen und die Reibung an den Wänden und Ecken möglichst zu vermindern. Der Zufluss dieser Schmiermittel erfolgt in der Regel durch kleine Löcher, die sich jedoch leicht mit Thonmasse verstopfen. Dieser Uebelstand wird bei der von C. Schlickeysen erfundenen, sehr sinnreichen Construction vermieden. Ueber dieselbe theilt der Erfinder in seinem Prospecte Folgendes mit:

»Bei der älteren Construction besteht die Form aus starken Bohlen weichen, wasseransaugenden Holzes in Gestalt einer konischen Röhre entsprechenden Querschnittes, die im Inneren mit Wasserzufluss- und Umlaufcanälen versehen ist. Von der Thoneindringung an sind alle dem Thon zugekehrten Flächen mit dünnen, sich schuppenartig folgenden und an das Holz genagelten Blechen verdeckt, um die Wassercanäle zu schützen und aus denselben und dem nassen Holze durch die Schuppen eine schwache, aber möglichst gleichmässige Befeuchtung des an den Schuppen hingleitenden Thonstranges zu erzielen. Ein Nachtheil dieser Construction ist darin zu erblicken, dass das im Gebrauch stets feucht zu haltende Holz sich leicht verzieht, reisst und fault, dass sich die Formen wegen Unzugänglichkeit der Wasserrinnen schwer reinigen und nicht anders ausbessern lassen, als dass man die Schuppen herausreisst und durch neue ersetzt, und endlich, dass die Befeuchtung des Thonstranges sehr leicht bald zu stark, bald zu schwach ist.

Die neuere Pressform besteht ganz aus Eisen und zwar ist die Umhüllung jeder einzelnen Strangöffnung ganz aus verzinktem Gusseisen gefertigt und im Inneren mit eingegossenen Wasserrinnen versehen. Die Schuppenfütterung ist ein zusammenhängendes Ganzes mit Kopfplatte; von dieser angefangen sind alle Blechstreifen schuppenförmig aneinander gelöthet oder genietet, so dass sie zum Gebrauch als eine einzige Röhre in

drückende oder ziehende Verbindung des fahrbaren Schneidebügels mit dem feststehenden Untersatze zum Stillstehen gebracht, beim Herunterdrücken des Bügels aber wieder frei, so dass er mit dem Thonstrang vorgeht. Nach Ausführung des Schnittes wird der Wagen wieder durch die Schlussbewegung des Bügels in die Anfangsstellung zurückgeschoben. Durch diese selbstthätigen Bewegungen wird eine Kraft- und Zeitersparniss erzielt. Der Schneidewagen für Vollziegel trägt zwischen Pressform und Schneidedrähten einen besondern Rahmen mit Rollen, welcher nur bis nach geschehenem Schnitt mit dem Thonstrang zugleich vorgeht, dann aber stehen bleibt, bis der Wagen mit den abgeschnittenen Ziegeln behufs Abheben derselben schnell vorgezogen und dann schnell wieder zurückgeschoben ist. Dadurch wird eine wesentliche Schonung der, auf den Rollen dieses Rahmens laufenden Unterfläche des Thonstranges und weiter eine nicht unbedeutende Kraftersparniss erreicht.

Noch erwähnt werden mag, dass derselbe Fabrikant auch einen Dreieinschnitt-Ziegel-Schneidetisch baut zur Erzielung von drei gradfreien Verblendziegelkanten.

Weitere empfehlenswerthe Ziegel-Strangpressen liefern Gebrüder Schmerber in Tagolsheim (siehe Zwick, a. a. O., S. 340) Murray (ebendaselbst, S. 343), die Nienburger Eisengiesserei und Maschinenfabrik zu Nienburg a. d. Saale, Eduard Laeis & Comp. zu Trier, Groke, Raupach, Gebrüder Chambers in Philadelphia, die Jordan'sche Maschinenfabrik in Darmstadt u. s. w.

Man hat in neuerer Zeit auch Versuche mit Mundstücken aus Hartglas gemacht, die ergeben haben sollen, dass man mit solchen Mundstücken aus magerer Thonmasse einen sehr schönen Strang erzeugen kann und dass sich die Innenflächen dieser Hartglasrahmen weit weniger abnutzen als die der Metallrahmen.

Handelt es sich um die Herstellung von Lochziegeln oder Drainröhren, so werden eiserne Dorne an einem eisernen, weit in den Presskopf hineinreichenden Bügel an der inneren Mundstückplatte befestigt. Die Tiefe, mit welcher der Bügel und daher auch die Stifte in den Presskopf hineinreichen muss, richtet sich nach der Beschaffenheit der Thonmasse und sie ist so gross zu wählen, dass Zeit und Raum für die Wiedervereinigung der durch den Bügel getheilten Thonmasse vorhanden ist, weil sonst die Steine oft schon beim Austrocknen, jedenfalls aber beim Brennen rissig werden würden. Durch den Bügel wird auch die Drehbewegung aufgehoben und die Structurbildung des Thonstranges vermindert, was durch Aufhauen des Bügeleisens, sowie durch quer über der Mundstücköffnung in kurzen Entfernungen angeordnete, festgeschraubte Eisenspitzen mit aufgehackten Kanten noch erhöht werden kann. (Siehe O. Bock, a. a. O., S. 115.)

II. Halbtrockenpressen und Trockenpressen.

Müssen solche Thonmassen geformt werden, welche sich im Wasser nicht genügend zertheilen, oder die durch Bearbeitung mittelst Walzwerke und Thonschneider nicht hinreichend knetbar werden oder zu ihrer Auswitterung eine zu lange Zeit bedürfen oder so fest sind, dass sie sich für das Nasspressen nicht eignen und mittelst Drähte nicht zerschnitten werden

können, oder steinig, schiefrig, kieshaltig sind und nicht geschlämmt werden sollen oder können, so verwendet man Trockenpressen oder Halbtrockenpressen, je nachdem die Massen trocken oder mässig angefeuchtet geformt werden sollen. Letztere arbeiten mit einem niedrigeren Druck; denn je weniger feucht im Allgemeinen die zu formende Masse ist, ein umso höherer Druck ist anzuwenden, um eine hinreichend feste Waare zu erzielen. Besonders benützt man diese Maschine zum Formen von wenig bindendem, steinhartem Schieferthon, sowie von erdfeuchtem, magerem Lehm, der sich auf nassem Wege zu einem brauchbaren Stein nicht formen lässt. Beim Halbtrockenverfahren ist eine sehr gleichmässige Vertheilung der Feuchtigkeit in der Thonmasse besonders zu erstreben.

Sehr umfangreiche Untersuchungen mit Nass- und Trockenpressen hat Liedtke angestellt, indem er die verschiedensten Rohstoffe hierzu benützte. Die Ergebnisse seiner Versuche hat derselbe im »Notizblatt des Ziegler- und Kalkbrenner-Vereines«, 1891, veröffentlicht. Wir entnehmen seinen Mittheilungen Folgendes:

»Alle Thone und Lehme lassen sich in gepulvertem Zustande bei geeignetem Wassergehalt und unter Berücksichtigung ihrer physikalischen Eigenschaften mittelst Trockenpressen geeigneter Construction fehlerfrei formen. Haupterfordernisse der Verbreitung der Rohstoffe behufs Trockenpressung sind folgende:

1. gleichmässige und feine Körnung;
2. innige und gleichmässige Vertheilung des Anfeuchtewassers;
3. geeignete Magerung.

Werden diese Bedingungen erfüllt, so erhält man bei verständiger Brandführung tadellose und structurfreie Steine.

Die Versuche haben gelehrt, dass die Zusammenpressbarkeit des lufttrockenen Thones bei Zusatz von Wasser bis zu einem gewissen Procentsatz zu- und von da mit erhöhtem Wasserzusatz abnimmt. Für alle Thone ist ein Wasserzusatz von 4—6% geeignet.

Die längere Einwirkung des Druckes liefert nicht nur festere, sondern

Wird das beigemischte Wasser bei trocken gepressten Steinen zu schnell ausgetrocknet, so werden die einzeln aneinander gelagerten Theilchen leicht gelockert, ja auch trockene Steine werden, wenn sie zu schnell in Glut gebracht werden, noch möglicherweise leiden, da das sogenannte chemisch gebundene Wasser und die Gase, die durch Verbrennung der in den Thonen enthaltenen organischen Stoffe sich entwickeln, zu schnell ausgetrieben werden.

Es ist daher bei trocken gepressten Steinen ein langsam durch allmälig gesteigerte Temperatur bewirktes Ausschmauchen erforderlich, bevor dieselben der Gluth übergeben werden dürfen, ebenso darf die Abkühlung der fertig gebrannten Waare nicht zu schnell erfolgen.

Der Brennstoffverbrauch wird bei trocken gepressten Steinen gegenüber den nass geformten in den allermeisten Fällen ein höherer sein. Dieser Mehrverbrauch ist bedingt durch die etwas grössere Menge des nöthigen Rohstoffes und durch die weniger gleichmässige und weniger feine Zertheilung der Thonmasse. Diese beiden Factoren werden durch die mittelst hohen Druckes hervorgerufene enge Aneinanderlagerung der Massentheilchen nicht aufgehoben. Bei den nass geformten Steinen muss zwar diese enge Aneinanderlagerung der Massentheilchen erst durch Feuer bewirkt werden, doch sind die so hergestellten Steine auch poröser. In Folge dessen kann das Feuer sie schneller durchstreichen und hat eine innigere Berührung mit den Massentheilchen; es kann deshalb auch eine schnellere Wirkung ausüben. Die Verkittung der einzelnen Theilchen ist beim Nasspressverfahren auch inniger, trotz des grösseren Porenraumes, der durch das Trocknen entstanden ist.

Der Mehrverbrauch an Brennstoff bei trocken gepressten Steinen gegenüber den nassgeformten wird selbstredend bei den verschiedenen Thonen verschieden sein und wird etwa bis 10% schwanken. Gleiche Mengen von Brennstoffen werden bei trocken- und nassgeformten Steinen nur da verbraucht, wo der Rohstoff grössere Mengen Flussmittel besitzt.

Die Vortheile der Trockenpressung sind: Ersparniss grosser Trockenanlagen sowie des Transportes der Ziegel in die Trockengerüste und aus denselben heraus, Unabhängigkeit von der Witterung (also auch von der Jahreszeit — d. Verf.), structurlose Steine, tadellose Form, gerade Flächen und Kanten, hohe Druckfestigkeit der gut gebrannten Steine.

Nachtheile gegenüber der Nasspressung sind: Mehrverbrauch an Rohstoff, höheres Gewicht der Steine (specifisches Gewicht bis 2·3, bei nassgepressten nur 1·87—2·0 — d. Verf.), Mehrverbrauch an Brennstoff, geringere Wetterbeständigkeit der nicht bis zur Sinterung gebrannten Waare.

Wenn auch nicht alle, so ist doch ein Theil der nassgeformten Steine als Mittelbrand schon wetterbeständig, dagegen sind die durch Trockenpressung hergestelten Waaren nur wetterbeständig, wenn dieselben bis zur Sinterung gebrannt sind.«

Ergänzend zu diesen Liedtke'schen Auslassungen seien als weitere Vortheile der Trockenpressen gegenüber den Nasspressen hervorgehoben: kein Anhaften der Thonmasse an Formen und Stempel, ein um mehr als 50% geringerer Kraftbedarf bei Herstellung der gleichen Anzahl Ziegel und eine um etwa 33% billigere Waare bei Massenfabrikation, geringeres Anlagecapital, weil alle Homogenisirungsapparate und Trockenanstalten ganz entbehrt

werden, grössere Leistungsfähigkeit. Auch die beim Nasspressen durch die Abschneidevorrichtung und das Fortbewegen des Thonstrages auf dem Rolltisch am Stein so häufig eintretenden Beschädigungen der Oberflächen, Ecken und Kanten werden bei Benützung von Trockenpressen gänzlich vermieden. Als ein Nachtheil ist zu bezeichnen das Mitpressen der im Thonpulver enthaltenen Luft, durch welches unzählige kleine, feine Risse in der Steinmasse erzeugt werden. Man muss deshalb dafür sorgen, dass die eingeschlossene Luft beim Pressen entweichen kann; dies erreicht man durch eine feine Durchlochung der Formenwände, durch wiederholtes Pressen des Steines mit stets zunehmendem Druck und auf verschiedenen Steinflächen, durch Erwärmung der Thonmassen u. s. w.

Der Thon wird in Kollergängen, Desintegratoren u. s. w. sorgfältig gepulvert, so dass gröbere Körner in der Masse nicht mehr vorkommen, dann wird das Thonpulver sofort oder (bei Anwendung des Halbtrockenverfahrens) nachdem es in einem Mischcylinder mit einer ganz geringen Menge Wasser vermengt worden, in Formen mittelst Stempel gepresst. Der geformte Stein wird unmittelbar in den Ziegelofen gebracht, in demselben vorsichtig geschmaucht und dann bis zur Sinterung gebrannt. Die Herstellung der Ziegel ist also bei diesem Verfahren eine sehr schnelle; es empfiehlt sich deshalb die Anwendung des letzteren ganz besonders, wenn es darauf ankommt, in kürzester Zeit eine möglichst grosse Zahl von Ziegeln fertigzustellen.

Während die Trockenpressung in Nordamerika und England schnell Eingang gefunden hat und heutzutage in vielen Ziegeleibetrieben dieser Länder eingeführt ist, hat sie bei uns erst recht wenig Verwendung gefunden. Schumacher erklärt in der »Naumburger Töpferzeitung«, 1893, Nr. 15 diese auffallende Thatsache dadurch, dass die bei uns benützten Maschinen trotz der verschiedenen Systeme bisher noch zu wenig leistungsfähig seien und dass sie eines übermässigen Kraftaufwandes und häufiger Ausbesserungen bedürften.

Als eine vorzügliche Trockenpresse gilt die von Isaac Gregg in

drei Viertel ihres Umfanges abwechselnd nach rechts und nach links gedreht. An beiden Enden des langen gusseisernen Tisches *tt* befinden sich je sieben Formen *f*, deren Boden unten mit Rollen versehene Stahlstempel bilden, welche sich, nach unten verlängert, auf einer nach aussen bis zur Rolle *s* ansteigenden stählernen Bahn *r* bewegen. Der Tisch *tt* wird mit seinen gefüllten Formen von der Haupttransmissionswelle aus durch Kurbel und Treibstange auf dieser schiefen Bahn entsprechend der Drehung der Presswalze *P* hin und her bewegt, wobei die Steine nochmals von unten her gepresst und darauf in den Formen aufgelockert werden. Hierauf gelangen die gefüllten Formen auf die Hebelstange *u*, welche dieselben, nachdem sich alle Formen auf ihr befinden, gleichzeitig und in paralleler Richtung emporhebt und die Steine aus den Formen herausdrückt. Die Steine werden durch eine selbstthätig wirkende Vorrichtung *l* auf ein bereitstehendes Brett gehoben, das von dem Abträger fortgenommen und sogleich durch ein neues ersetzt wird. Gleichzeitig wird von dieser Abstreichvorrichtung eine eingefettete Walze *xx* mitgenommen, welche über die Stahlstempel gleitet und dieselben dabei etwas einölt. Die zusammengehörigen Formen füllen sich unter dem Fülltroge mit einem Male, während die anderen gleichzeitig entleert werden. Die Maschine wird durch Riemenscheiben angetrieben. Zur Verminderung der Stosswirkungen ist in der Haupttransmissionswelle eine Reibungskuppelung eingeschaltet.

Mittelst dieser Presse können nicht nur Vollziegel, sondern auch unter Benützung anderer Formen Gesimssteine u. s. w. hergestellt werden, auch Hohlziegel mit nicht durchgehenden Löchern, welche auf fünf Seiten wellig, glatt und eben sind; die Höhlungen sind so angeordnet, dass ein Mehraufwand an Mörtel nicht stattfinden kann. Die Maschine liefert bei einer Betriebskraft von 15—16 Pferdestärken mindestens 3500 Steine in der Stunde. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 361, und Gottgetreu, a. a. O., S. 264.)

Weiter sind als bekannte Trocken- beziehungsweise Halbtrockenpressen anzuführen:

Die Presse von Durand-Marais; sie besteht im Wesentlichen aus einer, auf einen wagrecht sich bewegenden Randkolben wirkenden Excenterwelle und einem oben offenen, von dem Kopfende zeitweise verschliessbaren Presskasten, in welchen der Randkolben dringt und über welchem unmittelbar der Fülltrichter angeordnet ist. Sie besitzt keinen weiteren Homogenisirungsapparat und liefert vollkommen rechteckige Steine mit glatten Oberflächen (siehe Zwick, a. a. O., S. 352 und »Töpfer- und Ziegler-Zeitung«, 1876);

Die Presse von Platt Brothers in Oldham (Lancashire). Leistungsfähigkeit: 1800 Steine in der Stunde (siehe Gottgetreu, a. a. O., S. 257);

die Presse von R. A. Douglas in Chicago, eine unwesentliche Abänderung der Platt'schen. Leistungsfähigkeit: bis 7500 Steine in der Stunde (?) (die Presse stellt 16 Ziegel auf einmal fertig; siehe Gottgetreu, a. a. O., S. 267);

die Halbtrockenpresse mit Hebeldruck von Bradley und Crawen Wakefield (Yorkshire); sie besteht aus einem Mischapparat, Thonschneider, drehbaren runden Formtisch und einer Presse, mit welcher das Thonpulver dreimal hintereinander mit drei verschiedenen Kolben gepresst wird, um alle Luft aus dem Thon zu entfernen. Diese Presse ist behufs Erzielung einer möglichst gleichmässigen Pressung mit einem Umwendeapparat ausgestattet, so dass man die Steine beim zweiten Druck auf der entgegengesetzten Seite pressen kann. Leistungsfähigkeit: stündlich 1800—2000

Steine. Betriebskraft: 10—12 Pferdestärken (siehe »Töpferzeitung«, 1890, Nr. 48, Gottgetreu, a. a. O., S. 253 und Zwick, a. a. O., S. 355);

die Presse der Dorstener Eisengiesserei und Maschinenfabrik, eine Hammerpresse, die den Stein durch einen dreimaligen Schlag presst. Leistungsfähigkeit: etwa 2800 Steine in der Stunde; Betriebskraft: gering, (siehe O. Bock, a. a. O., S. 131);

die Halbtrockenpresse von Whittacker in Accrington (England); in derselben erfolgt die Pressung durch vier Stempel, zwei obere und zwei untere. Sie besitzt einen Presstisch mit zwei eingelagerten Formen. Stündliche Leistung etwa 1400 Steine (siehe »Töpfer- und Ziegler-Zeitung«, 1889, Nr. 18, und »Töpferzeitung«, 1884, Nr. 47);

die Halbtrockenpresse von Quast, gebaut von der Nienburger Eisengiesserei und Maschinenfabrik zu Nienburg a. d. Saale; sie besteht aus einer mit einer Mischschnecke verbundenen, eigenthümlich construirten, kräftigen Kurbelpresse, mit welcher der Stein durch einen Stempel und durch einen mittelst Federdruck belasteten Gegenstempel in nur einer Richtung zusammengepresst wird. Die Schnecke drückt die Thonmasse fest in Formen und treibt hierbei die eingeschlossene Luft grösstentheils aus. Diese Presse hat sich zur Verarbeitung von Schiefern sehr gut bewährt (siehe »Thonindustriezeitung«, 1890, Nr. 15 und O. Bock, a. a. O., S. 132);

die Trockenpresse von Otto Rost in Budapest; die Pressform besitzt seitliche Zwischenräume zum schnellen Entweichen der in der Thonmasse eingeschlossenen Luft. Der Druck erfolgt auf die kleineren Flächen des Steines und die zu pressende Masse wird, obwohl nur ein Pressstempel bewegt wird, von beiden Seiten gepresst (siehe »Töpferzeitung«, 1884, Nr. 47);

die Presse von Clayton; dieselbe ist mit einem Kollergang zum Pulverisiren des trockenen Thones verbunden und mit einem Elevator (Paternosterwerk) zur Beschickung des Einfülltrichters versehen. Die Pressung des Steines geschieht mittelst eines horizontalen Kolbens in einer viereckigen, mit beweglichem Boden ausgestatteten Form. Der Boden der Form entfernt

Formen ausgestatteten Presstisch. der nach jeder Pressung nur um ein Sechstel seines Umfanges gedreht wird. In dem Untergestell dieser Presse befinden sich zwei Doppelpresscylinder, zwei Ausstosspressen und zwei Schieberventile, in der oberen Traverse ebenfalls zwei Doppelpresscylinder, sowie Welle, Zahnrad und Excenter. Die Pressung der Steine erfolgt demnach durch 4 Doppelpresscylinder und zwar gleichzeitig von oben und von unten und mittelst hydraulischen Druckes unter Benutzung eines Accumulators. Jeder Stein wird zweimal gepresst, zuerst mit einem schwächeren Druck behufs Entfernung der sich in der Thonmasse befindenden Luft und sodann mit einem stärkeren Druck (bis zu 3500 *kg* für einen Normalziegel); hierdurch wird eine sehr vollkommene Pressung erzielt. Von den 6 Paar Formkästen befinden sich stets 2 Paar unter der Presse, 2 Paar werden gefüllt und aus den übrigen die fertigen Steine ausgestossen. Die Formkästen können sehr leicht ausgewechselt werden, so dass man die Presse zur Herstellung von verschiedenen Thonwaaren benützen kann.

Der Druck lässt sich beschleunigen und verlangsamen sowie den Eigenschaften der zu pressenden Thonmasse genau anpassen. Das Ziegelgut wird der Presse mittelst eines Elevators zugeführt. Zum Betriebe der Presse, der während des ganzen Jahres stattfinden kann, sind 8—10 Pferdekräfte nothwendig; sie liefert stündlich 1400—2000 Steine, arbeitet vollständig selbstthätig und dient zur Verarbeitung einer vollkommen trockenen Thonmasse. Nach einer Mittheilung des Erfinders sollen sich völlig trockene fette Thonmassen mittelst dieser Presse besser verarbeiten lassen als magere. Man benutzt sie zur Herstellung von Ziegeln aller Art, zum Formen von Chamottesteinen, Dolomit- und Magnesitziegeln, Dinassteinen, Mettlacher Fliesen, Düsen, Zinkmuffeln u. s. w. (Siehe »Thonindustriezeitung«, 1887, Nr. 21 und Notizblatt 1888, S. 141.)

C. Das Formen der Dachziegel mittelst Maschinen.

Zur Herstellung von Dachziegeln eignet sich am besten ein nicht zu fetter, gleichmässiger, auf nassem oder besser auf trockenem Wege möglichst gut homogenisirter Thon; nicht verwendbar hierzu ist magerer Lehm.

Bei der Maschinenformerei von Dachziegeln kann man zwei Verfahren anwenden: entweder presst man die Thonmasse in einzelne, entsprechend gestaltete Formen, oder man schneidet von einem, durch ein Mundstück vom Querschnitt des Dachziegels gepressten Thonstrang die einzelnen Ziegel in der gewünschten Länge mittelst Stahldraht ab. Das letztere Verfahren ist jetzt das üblichere; es liefert sogenannte Strangfalzziegel, d. h. verbesserte Biberschwänze, gewöhnliche Dachpfannen u. s. w.

Der Querschnitt des Mundstückes wird so gestaltet, dass entweder der Strang das Profil *A* (Fig. 99) oder *B* (Fig. 100) erhält. Im ersteren Falle wird von dem ganzen, sich in der Plattenmitte befindenden Nasenstrang das überflüssige Ende abgetrennt, im letzteren kann man den ganzen vorstehenden Rand am oberen Ende des Ziegels wegen des besseren Aufhängens des letzteren auf die Latte unverkürzt lassen. Die Platten werden gewöhnlich an ihrem unteren Ende segmentförmig gestaltet und müssen von einem geübten Arbeiter sorgfältig nachgeputzt werden.

Einen für die Herstellung von Biberschwänzen recht empfehlenswerthen sinnreichen Abschneideapparat hat A. Hausding construirt; mit

demselben wird der Thonstrang in Stücke von gleicher Länge zerschnitten, den einzelnen Stücken am unteren Ende die Segmentform gegeben und der Nasenstrang, soweit erforderlich, entfernt und zwar geschieht dieser dreifache Schnitt zu gleicher Zeit durch Querschnitts-, Bogenschnitts- und Nasenschnittsdrähte, die durch einen Schneidebügel gleichzeitig bewegt werden. (Näheres über diesen Apparat findet man im »Notizblatt des Vereins der Ziegler«, 1876, S. 232.)

Einen zu jeder Ziegelpresse verwendbaren Abschneidetisch nebst Pressform für Dachziegel (Biberschwänze) hat C. Schlickeysen in Berlin in neuerer Zeit in den Handel gebracht, mit dem bei jedem Hin- und jedem Zurückschieben des Schneiderahmens ein vollständiger Dachziegel fertiggestellt wird, auch hat derselbe Fabrikant einen neuen Abschneidetisch für Dachpfannen construirt; ersterer eignet sich für Ziegelstrangpressen von 160—250 *mm* Weite und liefert stündlich 300—800 Biberschwänze, letzterer ist für Thonschneidepressen von 200—300 *mm* Lichtweite verwendbar und liefert in der Stunde bis 500 Dachpfannen.

Auch bei dem zweiten Verfahren zur Herstellung von Falzziegeln presst man die Thonmasse mit einer Schneckenpresse aus dem Mundstück der Ziegelstrangmaschine in Form eines zusammenhängenden fortlaufenden Stranges heraus, schneidet denselben in Platten, deren Länge, Breite und Dicke so gewählt werden, dass sich aus dem Stück gerade ein Falzziegel formen lässt, bringt die Platten unter Druckpressen, deren Stempel nach der Falzziegelform gestaltet sind und presst sie mittelst starken Druckes in Formen, welche aus Eisen oder aus einem anderen Metall oder aus Modellirgyps hergestellt werden.

Metallene Formen besitzen den Vorzug, dass man in ihnen einen steifer angemachten Thon pressen kann, aus dem sich leichter Steine mit glatter Oberfläche herstellen lassen, sie haben aber den Nachtheil, dass an ihnen der Thon leicht anhaftet und sich dann von der Form nicht ablösen lässt; sie müssen daher innen mit feinem Sand bestreut oder angenässt oder mit Oel eingefettet werden. Durch das Einölen der Formen erhalten die in ihnen

Nach der Pressung kommt der Falzziegel auf sogenannte Trockenrähmchen und wird durch Nachputzen von allen Mängeln (z. B. von etwa nicht abgeschnittenen Rändern) befreit. Dann bringt man ihn auf das Trockengeräth und nach vollständiger Austrocknung in den Brennofen.

Die Falzziegelpressen sind für Hand- und Dampfbetrieb eingerichtet und entweder Schraubenpressen oder solche, deren Stempel durch Kurbel und Excenter bewegt werden. Ihre Construction ist eine recht mannigfaltige. Zu den vollkommensten Maschinen dieser Art gehören die Revolverpressen der Gebrüder Schmerber in Tagolsheim bei Altkirch, deren neueste Construction (D. R. P. Nr. 84979 vom 5. Mai 1895) die Figuren 101 und 102 darstellen. Nach der Patentschrift eignet sich diese Revolverpresse nicht nur zur Herstellung von Falzziegeln, sondern auch von Biberschwänzen, Dachpfannen und anderen, aus plastischen Stoffen durch Pressung geformten Waaren. Die Pressung geschieht zwischen einer oberen Form, die sich auf- und niederbewegt, und unteren Formen, welche in einer Anzahl von fünf und mehr auf einer prismatischen Trommel angebracht sind. Nach jedem Druck führt die Trommel, sobald sich die obere Form in der oberen Stellung befindet, eine Theildrehung aus, um eine folgende Unterform unter die obere zu stellen, und bleibt dann so lange stehen, bis der folgende Druckgrade beendet und die obere Form wieder gehoben ist. Während dieses Stillstandes wird ein gepresster Ziegel abgenommen und ein neuer Thonkuchen aufgelegt.

Im oberen Theil des Gestelles *A* ist der obere Pressstempel *B* in senkrechten Führungen genau geleitet. Die mit einer Welle *D* fest verbundene Formentrommel *C*, auf der die unteren Formen angeschraubt sind, liegt unter diesem Pressstempel *B*. Die Trommelwelle *D* wird auf beiden Seiten in den Gestellen *A* gehalten. Die hin- und hergehende Bewegung und der Druck des oberen Pressstempels werden auf folgende Weise bewirkt: Auf jedem Ende der Trommelwelle ausserhalb der Gestelle sitzt je ein Zahnrad *E* gleichen Durchmessers lose. Diese Räder werden gleichzeitig durch zwei, fest auf der Betriebswelle *G* sitzende und durch eine Riemenscheibe *H* bewegte Rädchen *F* getrieben, so dass sie sich in beständiger Umdrehung befinden. An dem oberen Pressstempel sind ausserhalb des Gestelles zwei Zapfen angebracht, auf welchen sich zwei Rollen drehen, die in die Höhlung des Zahnrades *E* greifen. Diese Höhlungen besitzen excentrische Führungen, zwischen denen diese Rollen laufen; die Führungen sind so eingerichtet, dass sie die nothwendigen Geschwindigkeiten zum Auf- und Niederfahren des Formenhalters oder Pressstempels sowie den augenblicklichen Stillstand desselben bewirken, um der Trommel die richtige Zeit zu ihrer Drehung zu lassen. Bewegung und Stillstehen der Formentrommel geschieht durch ein sogenanntes Maltheserkreuz.

Der in Figur 103 dargestellte Apparat von C. Schlickeysen dient zur Herstellung von hohlen Strangfalzziegeln. Diese Ziegel sind, wie Figur 104 bei *e* zeigt, lang durchlocht. Die Löcher werden an beiden Enden bis auf einen schmalen Schlitz nachträglich zugedrückt, damit Schnee und Wind nicht durch die Hohlräume in die Dachräume eindringen können. Derartig gelochte Ziegel gewähren den weiteren Vortheil einer guten Isolirung und eines besseren Trockenhaltens der Dachräume. Bei grosser Bildsamkeit des Thones können die Hohlräume sehr hoch, die Wände des Ziegels sehr dünn gestaltet werden; dadurch wird das Gewicht des Steines sehr ver-

mindert, zugleich aber auch kann man die seitlichen Falze hoch und gut deckend machen. Einen zum Verschieben auf die vordere Drehklappe und zum Ablegen von dieser auf das Trockenbrett fertigen Strangfalzziegel erhält man durch Zerschneiden des Thonstranges, indem man den Schneiderahmen von der einen Seite des Schneidetisches zur anderen schiebt. Mittelst dieses Apparates ist es möglich, in der Stunde 400—500 Ziegeln zu formen. Man kann hierzu Ziegelpressen stehender oder liegender Construction verwenden; am besten haben sich solche von 200—300 *mm* Lichtweite bewährt; kleinere können nicht benützt werden, grössere sind nicht empfehlenswerth, weil sie eine grössere Betriebskraft beanspruchen, ohne grössere Leistungsfähigkeit zu besitzen. Für eine Presse von 250 *mm* Lichtweite genügt eine Betriebskraft von 6—8 Pferdestärken.

Ferner baut C. Schlickeysen Falzziegelpressen für Hand- oder Dampfbetrieb, mit denen die in Figur 105 und 106 abgebildeten Ziegel hergestellt werden können, sowie einen Schneide- und Drucktisch (Fig. 107) zur Anfertigung von Strangfalzziegeln (Fig. 108).

Sehr bewährt haben sich auch die Schlagtische (Schlagpressen) von Dr. Bernhardi Sohn (G. E. Draenert) in Eilenburg bei Leipzig, mit denen man Dachziegel aller Art, glatte und gefalzte, aus Thon, Lehm, Cement u. s. w. erzeugen kann. Abbildung und Beschreibung dieser Maschinen findet man im § 227 dieses Werkes.

D. Herstellung von Drain- und Muffenröhren mittelst Maschinen.

Hierzu benutzt man sowohl Strangpressen als auch Kolbenpressen mit Hand- oder Dampfbetrieb.

Zur Herstellung von Thonröhren ist jeder nicht zu fette und keinen zu grossen Kalkgehalt besitzende, steinfreie Thon geeignet. Benützt man eine zu fette Thonmasse, so erhalten die Drainröhren beim Pressen leicht Risse, auch ist ihre Schwindung beim Brennen eine zu grosse; enthält der Rohstoff zu viel Kalk, so ist die Wetterbeständigkeit der Röhren eine geringe (ver-



Die in Figur 109 abgebildete Handröhrenpresse mit Stempeldruck von C. Schlickeysen besitzt einen ovalen, im Lichten 63 *cm* langen, 39 *cm* breiten und 23 *cm* hohen, senkrecht stehenden Cylinder, welcher nach seiner Füllung mit Thonmasse um 90° gedreht wird. Das Auspressen des Thones durch ein Mundstück mit einem, an einem nach hinten ausladenden Bügel befestigten Dorn (Kern) erfolgt mit einer Kraft von 10 *kg* an der Kurbel. Ist der Cylinder leer gepresst, so fällt er von selbst durch ein Zurückschlagen der ihn festhaltenden Klinke in die senkrechte Richtung mit dem Fülltrichter nach oben zurück. Der Rohrstrang gelangt auf einen Rolltisch und wird mittelst, am einen Ende eines Bügels verschiebbar befestigter, Stahldrähte in entsprechenden Längen zerschnitten. Mit einer Gabel, deren Zinken in die Röhre passen, werden die einzelnen Rohrstücke abgehoben und, wenn sie eine Lichtweite von weniger als etwa 8·0 *cm* besitzen, liegend, sonst stehend getrocknet; würde man grössere Röhren liegend trocknen, so würden sie zusammenfallen.

Ein geübter Arbeiter vermag mit dieser Handröhrenpresse stündlich bis zu 12 Pressungen auszuführen. Presscylinder, Formen, Zahnstange, Wellen, Füsse u. s. w. sind aus Schmiedeeisen oder Stahl gefertigt. Diese Pressen kommen in zwei Grössen in den Handel; die kleinere Presse liefert täglich bis 3500 Stück Röhren von 3·75 *cm* Innenweite und solche bis 14 *cm* inneren Durchmesser, die grössere täglich bis 5000 Röhren von 3·75 *cm* Innendurchmesser und solche bis 15 *cm* Innenweite. Erstere kann auch zu Hohlstein-Läufern und Simsen benützt werden, letztere ausserdem noch zu Streckern, Platten für Falzziegel, Biberschwänzen, Fussbodenplatten u. s. w.

Mit gewöhnlichen Röhrenpressen lassen sich auch Röhren von grösserer Lichtweite herstellen, wenn man ein kegelstumpfförmiges Mundstück verwendet, deren breiteres Ende den Mundstückring mit dem Dorn (Kern) trägt, während das schmälere nur eine einfache Oeffnung besitzt und mit seinem Einfassungskreuz an der Presse befestigt wird. Um ein Zusammenfallen des Rohres beim Austritt aus dem Mundstück zu verhüten, erhält der Kern vorn einen vorstehenden Zapfen, auf den man beim Austritt des Rohres einen hölzernen, mit Handgriff versehenen, sowie mit Zinkblech bekleideten und durch irgend ein Schmiermittel schlüpfrig gemachten Cylinder steckt, auf welchen sich der Rohrstrang aufschiebt. Sobald das Rohr in der gewünschten Länge aus dem Mundstück herausgetreten ist, wird es mittelst Stahldraht vom Strang abgeschnitten und mit dem Cylinder nach dem Trockengerüst geschafft und dort senkrecht aufgestellt. (Siehe O. Bock, a. a. O., S. 153.)

Müssen Rohre, um einen vollständig gleichmässigen Hohlcylinder zu erhalten, gerollt werden, so geschieht dies, sobald die Thonmasse bis etwa zur Lederhärte getrocknet ist, und zwar mit einer hölzernen Walze von etwas kleinerem Durchmesser als das Rohr und mit einem festen, etwas vorstehendem Rande an dem einen und einem losen Rande an dem anderen Ende.

Grössere Thonröhren erhalten Muffen und werden meistens innen und aussen glasirt. Die lichte Weite der glasirten Muffenröhren schwankt zwischen 5 und 60 *cm*, doch kommen auch noch grössere Röhren ausnahmsweise zur Verwendung. Die Muffenröhren werden ebenfalls mittelst Pressen, seltener und bei besonderen Weiten durch Handarbeit hergestellt. Auch die

Muffenrohrpressen besitzen die verschiedenste Construction. Sehr gebräuchlich ist das System von Williams und Whitehead, das von mehreren Fabrikanten für ihre Pressen benützt worden ist.

Eine vielverwendete Muffenrohrpresse zeigt Figur 110. Dieselbe wird von Eduard Laeis & Comp. in Trier gebaut. Ueber die Construction dieser Maschine und über die Herstellung der Röhren theilen die Fabrikanten in ihrer Broschüre Folgendes mit:

»Aus dem Mundstück der Presse tritt das Rohr senkrecht aus, damit die Oberflächen nicht durch Aufliegen oder Schieben über Unterstützungen beschädigt werden. Allgemein sind für diesen Zweck Walzenpressen im Gebrauch, weil allein diese dichte und blasenlose Wandungen ergeben. Die Walzenpresse ist ein Walzwerk mit dicht an die Walzen schliessendem Kasten und an diesem angeschraubtem runden Ansatz, an welchen Mundstücke verschiedener Grössen befestigt werden können. Der ganze Apparat ruht auf Balken innerhalb 4 senkrechter Pfosten und ist darunter ein Tisch mit Zahnstangen angebracht, der sich zwischen jenen durch Rollen führt. Der Tisch ist genau ausbalancirt, wozu an zwei entgegengesetzten Stellen desselben Ketten befestigt sind, die über Rollen gelegt sind und an ihren anderen Enden Gegengewichte tragen; diese Vorrichtung bewirkt, dass das Rohr vom Anfang bis Ende unter gleichmässigem Druck gepresst wird. Vor den Zahnstangen liegt eine horizontale, in gleicher Richtung verschiebbare Welle, welche jenen gegenüber zwei Stirnräder trägt; das eine Ende reicht durch ein zwischen Lagern schliessend sitzendes conisches Rad, so dass sich die Welle in demselben, ohne dass letzteres es mitthut, verschieben kann; sie muss jedoch mit ihm rotiren, wenn es sich dreht. Das conische Rad zahnt in ein auf einer verticalen Welle sitzendes Triebrad; diese ist in einem Block gelagert und trägt am oberen Ende eine Kurbel mit Sperrklinke, welche in ein, an jenem befestigtes Sperrrad eingreift. Die zuletzt beschriebenen Theile bilden eine Winde, mit der man, wenn die Stirnräder in die Zahnstangen greifen, was durch einen mit der Welle verbundenen Ausrücker zu bewirken ist, den Tisch auf und ab bewegen und an beliebigen Punkten feststellen

so stellt man wieder still, windet den Tisch nieder und nimmt die Scheibe für das Formen der Muffe weg, um jenen alsdann wieder hoch zu heben und leicht gegen die aus dem Mundstück vorstehende Muffe anzudrücken. Hierauf werden die Stirnräder durch Verschiebung ihrer Achse aus den Zahnstangen gerückt, so dass der Tisch nur durch Ausbalancirung seine Stelle behauptet, und das Walzwerk von neuem in Thätigkeit gesetzt. Der Thon tritt nun gerade durch die, dem Durchmesser des Rohres entsprechende, ringförmige Oeffnung aus und bildet, indem er den Tisch niederdrückt, dieses selbst; hat es die nöthige Länge erreicht, so unterbricht man den Betrieb des Walzwerkes, schneidet die Röhre durch Verschieben des Abschneiders ab, rückt die Stirnräder in die Zahnstange, windet den Tisch so weit wie möglich nieder und stellt ihn durch die Sperrklinke fest; dann kann das Rohr bequem abgenommen werden.«

Diese Muffenrohrpressen werden von der Fabrik in drei Grössen gebaut; mit ihnen kann man Röhren von 1·0 *m* Länge herstellen.

Die kleinste Presse liefert in der Stunde bis 80 Röhren von 100 *mm* und bis 40 Röhren von 200 *mm* Lichtweite, die nächstgrössere bis 30 Röhren von 300 *mm* und bis 24 Röhren von 400 *mm* Lichtweite und die grösste bis 14 Röhren von 500 *mm* und bis 11 Röhren von 600 *mm* Lichtweite. Durch Einschrauben von Einsätzen kann man mit der kleinsten Nummer Röhren bis 400 *mm*, mit der zweiten Nummer solche bis 600 *mm* und mit der ersten solche bis 1000 *mm* Lichtweite herstellen.

Noch erwähnt werden mag die Drainrohr- und Muffenrohrpresse mit hydraulischem Betrieb von Dinger Söhne in Gumbinnen, welche eine grössere Verbreitung gefunden hat, sowie die Muffenrohrpresse von C. Schlickeysen in Berlin.

Muffenrohre von mehr als etwa 14 *cm* Innendurchmesser stellt man aus sogenanntem Steinzeug (vergl. § 94) her, wenn sie einem mässigen Druck (z. B. als Wasserleitungsröhren) widerstehen sollen.

E. Herstellung von Verblendsteinen, Klinkern, Trottoir- und Wandplatten, Terracotten u. s. w. mittelst Maschinen.

Verblendsteine werden aus vorzüglich homogenisirtem, durch auf das Feinste zu vertheilendes Eisen oder Kalk gefärbtem Thon hergestellt. Nach Bock sind die wichtigsten Rohstoffe für die Verblendsteinfabrikation: die eisen- und kalkhaltigen Thone des Alluviums und Diluviums und die sogenannten Braunkohlenthone, und es erfordern die kalkhaltigen Thone eine Brenntemperatur bis 950° *C.*, die eisenhaltigen bis 1100° *C.* und die Braunkohlenthone von 1100—1300° *C.*; letztere liefern alle Farben von gelb bis dunkelroth.

Diese Thone werden mittelst eines Thonschneiders und Walzwerkes auf das Beste vorbereitet, hierauf den Schnecken- oder besser Walzenpressen zugeführt und von diesen als Lochsteine geformt, sodann mit einer mehrzinkigen Gabel, dessen Zinken genau in die Hohlräume des Steines passen, vom Formtisch abgehoben, damit man nicht die Aussenflächen des Verblenders mit den Händen zu berühren braucht, hierauf zunächst bis etwa zur Lederhärte getrocknet, sodann mittelst einfacher Holzspatel oder Holzschienen nachgeputzt, wenn nöthig auch nachgeschnitten, hierauf vollständig

getrocknet und endlich im Brennofen geschmaucht und gebrannt. Zum Nachschneiden empfiehlt sich die Benützung des von Hielscher construirten Apparates, den Bock (a. a. O., S. 142) näher beschreibt. Ein Nachschneiden ist meistens nur bei Verwendung von sehr magerem Thon, welcher leicht Steine mit unsauberen Kanten ergiebt, nothwendig.

Die Verblender erhalten möglichst weite Durchlochungen, damit zu ihrer Herstellung möglichst wenig von dem, durch die sorgfältige Homogenisirung werthvoll gewordenen Rohstoff erforderlich ist; aus demselben Grunde fertigt man auch Terracotten nur mit 3—4 *cm* starken Wandungen. Sind Profilsteine mit Verzierungen auszustatten, Ecksteine oder Terracotten herzustellen, so benutzt man behufs Erzielung möglichst scharfer und genauer Conturen Gypsformen, zu deren Bereitung Holz-, Thon- oder Gypsmodelle benützt werden. Näheres hierüber findet man im »Notizblatt des Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins«, 1886, Heft 2, S. 235.

Zum Ziehen geradliniger Gegenstände dienen Schablonen aus Buchenholz, die man als Mundstücke über die Thonmasse fortbewegt, zur Erzeugung kreisrunder oder ovaler Gegenstände, Medaillonrahmen u. dgl. ebenfalls Schablonen, die an einer sogenannten Leier befestigt sind und um einen Mittelpunkt gedreht werden, beziehungsweise eigens zu diesem Zwecke construirte Ovalmaschinen. Zum Drehen von Rotationskörpern dient eine, aus einer wagrechten, in zwei Lagern mittelst Kurbel drehbaren, eisernen, etwas conischen Welle bestehende Leier. Zur Anfertigung des Modelles nimmt man dünnflüssigen Gyps, den man auf die sich drehende Welle aufträgt. Bewegt man diese an der, in entsprechender Entfernung angebrachten, Schablone vorbei, so werden die Conturen derselben an dem entstehenden Körper ausgearbeitet. (Siehe Bock, a. a. O., S. 114.) Zu reich ornamentirten Gegenständen benützt man Thonmodelle, die mit Gyps abgegossen werden. Näheres hierüber findet man im § 205 dieses Werkes.

In Gypsformen wird der Thon mit den Händen fest eingedrückt, wobei man überall einen möglichst gleichen Druck ausüben muss, um eine

Wandplatten werden gewöhnlich aus Steingutmasse (vergl. § 94) erzeugt; Mosaikplatten (z. B. Mettlacher) stellt man auf ihrer Oberseite aus einer dünnen Schicht sich farbig brennender oder gefärbter Thonmassen her, welche auf einer aus einfarbigem, weniger werthvollem Thon bestehenden Unterlage ruht. Beide Thonarten müssen jedoch mit geeigneten Sinterungsmitteln in solcher Auswahl und Menge vermischt werden, dass die Thone ein gleiches Schwindmass und einen gleichen Sinterungsgrad besitzen. Man erhält reine Farben und einen dichten harten Stein, wenn man diese Platten aus lufttrockenem Thonpulver herstellt, das unter einem hohen Druck gepresst wird.

Das Formen von Wand- und Mosaikplatten erfolgt am besten mittelst hydraulischer Pressen, und zwar solcher mit Maschinenbetrieb; Handpressen erzeugen einen zu geringen Druck und besitzen eine geringere Leistungsfähigkeit. Die Pumpen wirken entweder unmittelbar auf die Pressen oder es sind zwischen beiden Accumulatoren eingeschaltet. Der Accumulatorenbetrieb empfiehlt sich nach Laeis besonders bei gleichzeitiger Arbeit mehrerer Pressen, weil alle diese dann von einer einzigen Pumpe aus betrieben werden können; der Betrieb von nur einer Presse mittelst Accumulatoren stellt sich theurer, jedoch ist die Leistungsfähigkeit der Presse um ein Drittel höher, auch ist man von der Gewissenhaftigkeit des Arbeiters, der beim Fehlen der Accumulatoren den Druck der Presse zu regeln hat, unabhängig, denn beim Accumulatorenbetrieb erfolgt die nöthige Pressung sofort beim Oeffnen der Ventile, ohne dass der Arbeiter eine Aenderung vornehmen kann.

Eine sehr empfehlenswerthe hydraulische Presse mit Pumpwerk für Accumulatorenbetrieb liefert Eduard Laeis & Comp. in Trier. Die Firma beschreibt ihre Construction in ihrer Broschüre wie folgt:

»Die hydraulische Handpresse besteht aus einem Presscylinder mit Fuss, in dem nach unten ein abgedichteter Kolben steckt, dessen freies Ende in eine Traverse übergeht; zwei Zugstangen reichen von dieser in die Höhe und sind über dem Presstisch, der die obere Fläche des Cylinders bildet, durch eine zweite verbunden. Die Zugstangen führen sich senkrecht in, am Presscylinder befestigten, Oesen. Auf einer Hülse, die an den Presstisch geschraubt ist und eine der Zugstangen umhüllt, steckt ein zweiter, auf jener drehbarer Tisch, der drei Formen mit Ober- und Unterstempel so trägt, dass, wenn sich der Mittelpunkt einer Formöffnung unter dem der oberen Traverse befindet, eine zweite genau über dem Ausstossstempel steht. Letzterer ist durch ein Gewicht beschwert und führt sich in Lagern, die am Presscylinder sitzen. Der Ausstossstempel ruht auf dem Ende eines Hebels, der ihn hebt und dadurch die vorher gepresste Platte ausstösst, wenn der Presskolben beim Pressen einer zweiten das andere Ende niederdrückt. Während in einer der drei Formen eine Platte gepresst, aus der zweiten eine solche ausgestossen wird, kann die dritte mit Thonpulver gefüllt werden. Das Pressen geschieht vermittelst einer kleinen Handpumpe, die über einem Reservoir am Presscylinder angeschraubt und so eingerichtet ist, dass sich beim höchsten Druck von 150 Atmosphären, der einem Gesammtdruck von 26.000 *kg* entspricht, sowohl ein Sicherheitsventil hebt, wie auch das Saugventil durch ein Hebelwerk hoch gehoben wird und sind dadurch Brüche vermieden. Durch einen Klinkhebel wird der rotirende Tisch mit Formen festgehalten, wenn Pressen und Ausstossen erfolgt, und durch ein

beim ersteren zu schliessendes Ventil, das Wasser in das Reservoir, aus dem es entnommen, zurückgelassen, wenn der Druck erfolgt ist. Die Presse liefert mit drei geübten Arbeitern 70—80 einfarbige Platten in der Stunde.

Das Pumpwerk zum directen Betrieb einer hydraulischen Presse wird stehend angeordnet, damit es wenig Platz einnimmt und zur Erleichterung der Bedienung so nahe wie möglich an jene gestellt werden kann. Ein Ständer trägt eine doppelt gekröpfte Kurbelwelle mit fester und loser Riemenscheibe von 110 *cm* Durchmesser und 17 *cm* Breite, welche in der Minute 90 Umdrehungen machen soll, und es werden durch Flügelstangen von ihr zwei darunter befestigte Pumpen angetrieben, eine für den Hochdruck, die andere für den Niederdruck. Beide Pumpen sind durch ein gemeinschaftliches Rohr mit der Presse verbunden; es sitzen in demselben zwei Sicherheits- und ein Ablassventil; von den ersteren ist eines dem Hoch-, das andere dem Niederdruck entsprechend beschwert. Der Belastungshebel des letzteren wirkt auf ein Hebelwerk, das in einem vor dem Pumpwerk befindlichen Reservoir angebracht ist, in das die Saugrohre und das Abwasserrohr von der Presse münden, und setzt durch Hebel des Saugventils die Niederdruckpumpe ausser Thätigkeit, wenn der Niederdruck erreicht ist; es arbeitet dann bis zur Erzielung der nöthigen Pressung nur mehr mit Hochdruck. Das Abwasserventil wird durch einen belasteten Hebel im Ruhezustand offen gehalten und es strömt daher das von den stets thätigen Pumpen gelieferte Wasser so lange durch die Presse in das Reservoir zurück, bis der Presser jenen anzieht, damit das Ventil schliesst und es dadurch, weil ihm der Ausweg gewehrt, zwingt, den Kolben zu heben und durch Anpressen der auf ihm stehenden Form gegen ein gegenüberliegendes Druckstück die in derselben befindliche Platte zu formen; ist dies mit dem nöthigen Druck, den ein Manometer anzeigt, geschehen, so lässt er wieder los, das Ventil öffnet sich, und der Kolben kann, weil nunmehr das Wasser ins Reservoir fliesst, in seine tiefste Stelle zurücksinken. Die Ueberschreitung des nöthigen Druckes verhindert das Sicherheitsventil für den Hochdruck. Zum Betriebe der Pumpe sind bei einem höchsten Arbeitsdruck von 250 Atmosphären 8 Pferdekräfte nöthig.

Das Pumpwerk für Accumulatorenbetrieb (Fig. 111) ist liegend angeordnet und vereint in demselben Körper eine Niederdruckpumpe für 50 und eine Hochdruckpumpe für 250 Atmosphären Druck; beide besitzen behufs Erzielung eines ruhigen Ganges und einer geringen Abnützung je zwei Saug- und Druckventile. Der Pumpenkörper hängt frei über einem Reservoir an einem Gestell mit der Führung der Kolben und zwei Lagern für die Kurbelachse; letztere ist zur Aufnahme der Antriebsscheiben einseitig verlängert und zum dritten Male gelagert. Eine Flügelstange verbindet Kurbelachse und Gradführung, an welcher der Hochdruckkolben befestigt ist. Der Niederdruckkolben trägt eine Traverse, die mit zwei an der Gradführung angebrachten und im Flansch des Gestelles geführten Zugstangen verschraubt ist. Aus dem Reservoir ragen die Enden zweier Hebelwerke, durch welche die Saugventile gehoben und der Betrieb der Pumpen unterbrochen werden kann; dieses bewirken die später beschriebenen Accumulatoren, wenn sie, mit Wasser gefüllt, ihre höchste Stellung erreichen; jeder lüftet dann einen Hebel, von dem über Rollen eine Kette zum betreffenden Hebelwerk der Saugventile läuft.

Der Accumulator ist ein Reservoir für gespanntes Wasser, bestehend aus einem aufrecht stehenden, unten geschlossenen und mit Fuss versehenen Cylinder, in dem sich ein Kolben befindet, der bei seinem Austritt durch eine Stopfbüchse abgedichtet ist. Das obere Ende des Kolbens trägt an dreiarmiger Traverse einen Tisch (Fig. 112), welcher sich in einer Oeffnung seiner Mitte am Cylinder führt. Durch Belastung des Tisches erzielt man die nöthige Wasserspannung. Unten am Cylinder ist in der zur Pumpe führenden Rohrleitung ein Rückschlagventil mit Sicherheitsventil angebracht und letzteres der nöthigen Spannung entsprechend belastet; es öffnet sich aber nicht nur durch Ueberschreitung dieser, sondern auch durch eine am Tische befestigte Zugstange, wenn der Cylinder mit Wasser gefüllt ist, also der Kolben seinen höchsten Stand erreicht hat; es dient also neben der früher beschriebenen Auslösung der Saugventile der Pumpe, als weitere Sicherung gegen das Herauswerfen des Kolbens aus dem Cylinder. Eine dritte besteht in einer verticalen Anbohrung des unteren Kolbenendes, auf die in gewisser Höhe eine horizontale mündet; steigt der Kolben so hoch, das letztere über die Stopfbüchse tritt, so fliesst das Wasser so lange aus dem Cylinder ab, bis sie wieder hinter jener verschwindet. Zu jeder Pumpe gehört ein Nieder- und ein Hochdruck-Accumulator.

Die hydraulische Presse (Fig. 113) besteht aus einem unten geschlossenen Cylinder mit zwei Oesen. In jeder Oese sitzt eine Säule, die beide am oberen Ende durch eine Traverse verbunden sind. Im Cylinder steckt ein durch Ledermanschette abgedichteter Kolben mit Tisch, der sich zwischen den Säulen führt und mit zwei parallelen Leisten auf seiner Oberfläche versehen ist. Die Entfernung zwischen den Leisten ist gleich der Breite des Schlittens der Form, während ihre Höhe etwas kleiner ist. Vor der Presse ist ein zweiter Tisch befestigt, genau so hoch wie der Kolbentisch in seiner tiefsten Stellung; die Leisten des letzteren sind auf den ersteren hin verlängert, bilden jedoch dort Hohlkörper; jeder besitzt innen ein Hebelwerk. Auf dem einen Ende des letzteren ruht ein die Oberfläche der entsprechenden Leiste durchbrechendes Prisma, die beiden anderen verbindet eine mit Handgriff versehene Achse. In Ruhestellung bilden die Oberflächen der Prismen und Leisten eine Ebene; durch Anziehen des Handgriffes werden erstere mit etwa daraufliegenden Formenrahmen über die letzteren gehoben. Zwei mit Vortisch und Traverse verschraubte Ständer bilden die Führungen eines Druckstückes, das durch ein mit dem Kolben in Verbindung stehendes Hebelsystem auf- und niederbewegt werden kann. Den Sperrbock nennt man drei in einem Körper vereinigte Ventile, die mittelst eines Handgriffes und eines Hebelwerkes geöffnet und geschlossen werden; sie vermitteln die Verbindung des Presscylinders mit Abwasserrohr, Niederdruck- und Hochdruck-Accumulator.

Die Form zum Pressen der Platten besteht aus einem Schlitten mit zwei Handgriffen, einem Formenrahmen, dessen Oeffnung der Grösse der Platte und dessen Höhe ihrer Dicke in ungepresstem Zustande entspricht, einem Oberstempel und für Mosaikplatten einer in die Formöffnung passenden Formschablone. Eine geeignete Vorrichtung verhindert das Vorrücken des Formenrahmens auf dem Schlitten. Man arbeitet mit der Presse wie folgt:

Der Formenrahmen wird auf den Schlitten gelegt, seine Oeffnung bei der Herstellung einfarbiger Platten mit Thonpulver angefüllt und

dessen Oberfläche mit einem Brett gerade gestrichen. Bei Mosaikplatten wird zuerst die dem Muster entsprechende Blechschablone in die Formöffnung gebracht, deren einzelnen Gefächer mit den verschiedenfarbigen Thonpulvern etwa 3 *mm* hoch gefüllt, dieselben gegen die Wände etwas angedrückt und dann jene wieder herausgezogen; dann wird die Formöffnung mit einfarbigem Thonmehl ganz gefüllt, abgestrichen und mit dem Oberstempel bedeckt. Ein Arbeiter bringt nun die Form auf den Kolbentisch zwischen die Leisten und zieht den Handhebel des Sperrbockes langsam hin und her und bewirkt dadurch der Reihe nach das Vorpressen der Platte durch den Niederdruck, das Ablassen von etwas Wasser aus dem Cylinder und dadurch das entsprechende Sinken des Kolbens und Entlüften der Thonmasse, ferner das Fertigpressen durch Nieder- und Hochdruck und das vollständige Entleeren des Presscylinders, beziehungsweise Verbringen des Kolbens auf den niedrigsten Stand. Ein zweiter Arbeiter zieht hierauf die Form auf den Vortisch unter das Druckstück, hebt die Prismen und damit den Formenrahmen mit Oberstempel, zieht den Schlitten darunter weg, lässt jene wieder auf die Leisten sinken und hält unter die Rahmenöffnung, in der sich die gepresste Platte befindet, ein mit Filz beschlagenes Brett. Inzwischen hat der erste Arbeiter eine zweite gefüllte Form auf den Kolbentisch geschoben und es wird beim Pressen dieser durch das Aufgehen des Kolbens das Druckstück niedergedrückt und der Oberstempel ganz in die Oeffnung des Formenrahmens gedrückt, wodurch die fertige Platte auf den Filz fällt.

Die Pressen erhalten gewöhnlich einen Kolben von 250 *mm* Durchmesser und 40 *mm* Hub, welcher zum Pressen einer Platte genügt. Will man deren zwei durch einen Druck erzeugen, so erhält der Kolben einen Durchmesser von 335 *mm*. Der Druck auf den Kolben beträgt bei 50 Atmosphären Niederdruck für die Presse von 250 *mm* Durchmesser 24.500 *kg* und für denjenigen von 335 *mm* Durchmesser 44.000 *kg* und beim Hochdruck von 250 Atmosphären 122.700 beziehungsweise 220.000 *kg*.

Beim Accumulatorenbetrieb können mit einer Presse bei Verwendung einer einfachen Form bis zu 180 und bei Verwendung einer Doppelform

Waaren gut geeignet. Die Gegengewichts-Hebelvorrichtung liegt unter dem Presstisch, wodurch die Handhabung des Hebels sehr erleichtert wird. Die Presskniee sind so miteinander verbunden, dass die Bolzen nur als Binde-, nicht aber als Zug- oder Druckcylinder in Anspruch genommen werden. Die Plattenstärke lässt sich leicht ändern, der Antriebshebel leicht verstellen und dadurch die Antriebskraft fast verdoppeln. — Ausser Kniehebelpressen mit Handbetrieb baut die genannte Firma auch solche mit Maschinenbetrieb, bei welchen sowohl die Pressung als auch die Umdrehung des runden Tisches sowie das Ausstossen des fertigen Steines völlig selbstthätig erfolgt, so dass zur Bedienung einer vier Pferdekräfte erfordernden Presse nur ein Arbeiter zum Füllen des Trichters und ein Arbeiter zum Fortnehmen der fertiggepressten Waare nothwendig ist. Wird eine Mischmaschine zur Vorbereitung des Pressgutes benützt und dieselbe so aufgestellt, dass die Rohstoffmasse unmittelbar in den Formtrichter fällt, so erfordert der ganze Betrieb der Presse nur einen einzigen Arbeiter. Figur 114.

Die Druckkraft wächst allmälig bis zu einer bedeutenden Stärke. Die Maschine ist sehr kräftig gebaut; die Wellen sind aus Gussstahl gefertigt und laufen in Metalllagern; auch sämmtliche Triebräder bestehen aus Gussstahl.

In der Praxis bewährt haben sich auch die Spindelpressen für Hand- und Maschinenbetrieb der Nienburger Eisengiesserei und Maschinenfabrik zu Nienburg a. S., die Universal-Stempeldruckpressen zum Hand- und Dampfbetrieb von C. Schlickeysen in Berlin und die von demselben Fabrikanten in den Handel gebrachten Dreikastenpressen mit Hebeldruck.

§ 90. Das Trocknen der von Hand oder mittelst Maschine geformten Thonwaaren

Die nass geformten Thonwaaren müssen, bevor sie in den Brennofen gelangen, möglichst vollständig getrocknet werden, wozu eine verschieden lange Zeit erforderlich ist, welche abhängt von dem Wassergehalt und der Beschaffenheit der Thonmasse (ob dieselbe fett oder mager ist), von der Gestalt der Oberfläche und ihrer Grösse im Verhältniss zum Volumen, sodann von der Temperatur, dem Feuchtigkeitsgrade und der Menge der Luft, welche in einer bestimmten Zeit über die zu trocknende Thonmasse hinwegstreicht u. s. w.

Die Austrocknung des Thonkörpers beginnt an der Oberfläche und schreitet von dieser nach innen fort; es bleibt demnach der Kern am längsten feucht. Die mit der Aussenfläche in Berührung kommende Luft nimmt aus der obersten Schicht der Thonmasse Wasser auf und trocknet sie dadurch; in diese Schicht steigt (nach dem Capillaritätsgesetz) aus der nächst tiefer gelegenen Feuchtigkeit auf, die sodann wieder von der Luft aufgesogen wird, und dies wiederholt sich so lange, bis endlich auch der Kern sein Verdunstungswasser verloren hat. Die Menge des letzteren beträgt bei einer nass geformten Thonmasse im Mittel etwa 25%. Die im lufttrockenen Stein zurückbleibende, zum Theil mechanisch, zum Theil chemisch gebundene, etwa 3—4% des Trockengewichtes der Thonmasse betragende Wassermenge lässt sich nur durch künstliche Wärme (z. B. Schmauchen im Brennofen) entfernen.

Im gleichen Verhältniss zur Wasserabgabe erfolgt die Schwindung der Thonmasse, wobei die (nach Aron) kugelförmigen Thontheilchen sich einander bis zu einem gewissen, die Porosität nicht aufhebenden Grade nähern. Trocknet die Thonmasse auf allen Seiten gleichmässig aus, so geht auch die Schwindung allseitig gleichmässig vor sich, so dass der Körper seine äussere Form, nur verkleinert, beibehält. Erfolgt die Austrocknung aber ungleichmässig, z. B. dadurch, dass eine Fläche des Thonkörpers einem starken Luftzuge oder der unmittelbaren Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist und daher schneller trocknet, so ist auch die Schwindung eine ungleichmässige und an dieser Stelle eine grössere; hierdurch wird im Thonkörper eine Spannung und dadurch ein Verziehen oder Reissen erzeugt. Ersteres tritt hauptsächlich bei dünnen Dachziegeln, Platten und anderen dünnwandigen Thonwaaren, letzteres namentlich bei Vollsteinen und dickwandigen Thonwaaren ein. Eine gleichmässige Wasserverdunstung auf der ganzen Oberfläche und durch die ganze Masse eines Thonkörpers ist daher sehr wichtig, und sie kann nur erzielt werden, wenn die Thonmasse überall eine gleiche Dichtigkeit und Structur besitzt. Da Maschinenziegel im Inneren dichter sind als aussen und ihre Structur eine ungleichmässige ist (vergl. § 89), so wird ihre Oberfläche schneller trocken als ihr Inneres. Bei zu schnellem Trocknen der Oberfläche wird dieselbe zu dicht und hart und beeinträchtigt in diesem Zustande die Austrocknung des Kerns. Es kann sich dann das eingeschlossene Wasser bei Einwirkung einer grösseren Wärme in Dampf verwandeln und zahlreiche Risse und Sprünge, ja unter Umständen sogar ein gänzliches Bersten und Zerfallen des Steines hervorrufen. Diese Gefahr liegt z. B. vor, wenn die Steine bei dem vor dem Brennen stattfindenden Schmauchen einer zu starken Hitze ausgesetzt werden.

Im Allgemeinen trocknen nass geformte Steine schneller als mässig feuchte. Je fetter der Thon ist, desto langsamer trocknet er, desto grösser ist seine Schwindung, und desto leichter erhält er Risse und Sprünge bei ungleichmässiger Austrocknung. Durch trockene Magerungsmittel (Sand, Ziegelmehl u. s. w.) wird nicht nur die Trockenzeit verkürzt, weil der Thon dann poröser ist und durch die zahlreicheren Poren eine schnellere Verdunstung des Wassers eintritt, sondern es vermindert sich auch die Gefahr des Verziehens und Reissens der Thonmasse. Eine gleichmässige Wasserverdunstung wird bei einer gleich dichten und dieselbe Structur besitzenden Masse nur dann erreicht, wenn die über die Aussenflächen der letzteren streichende Luft eine gleichmässige Wärme besitzt und auch an allen Stellen der Steinoberfläche die Temperatur dieselbe ist. Streicht die Luft über Steine von verschiedener Wärme oder über lange Reihen frisch gefüllter Trockengerüste hinweg, oder werden die Ziegel an einer Seite unmittelbar von der Sonne bestrahlt, beziehungsweise von der Gluth eines Ofens in künstlich erwärmten Trockenräumen getroffen, so wird niemals eine gleichmässige Wasserverdunstung erzielt. Letztere ist bei ruhiger Luft weit geringer als bei bewegter; ein starker Luftzug bringt jedoch der Thonmasse Schaden, daher empfiehlt es sich, das Austrocknen durch mässig bewegte Luft bewirken zu lassen, was man durch Regulirung der Luftklappen u. s. w. erreichen kann.

Die Fähigkeit der Luft, Wasser aus den Steinen aufzusaugen, verschwindet, sobald sie sich mit Wasserdampf gesättigt hat; die Menge des letzteren ist von der Temperatur der Luft abhängig. Die Wassermenge, welche

1 m^3 Luft im Maximum erhalten kann, beträgt, wenn man den Barometerstand als constant (= 760 *mm*) annimmt, nach Regnault und v. Magnus:

bei	0°	Temperatur	5·4 *g*	für	das	Cubikmeter	Luft
»	5°	»	7·3 »	»	»	»	»
»	10°	»	9·2 »	»	»	»	»
»	15°	»	12·8 »	»	»	»	»
»	20°	»	17·3 »	»	»	»	»
»	25°	»	22·5 »	»	»	»	»
»	30°	»	30·2 »	»	»	»	»
»	40°	»	50·9 »	»	»	»	»
»	50°	»	82·3 »	»	»	»	»
»	60°	»	129·1 »	»	»	»	»
»	70°	»	195·8 »	»	»	»	»
»	80°	»	290·2 »	»	»	»	»
»	100°	»	589·5 »	»	»	»	»

Hiernach lässt sich die Luftmenge, welche durch Lüftungseinrichtungen dem Trockenraum in einer bestimmten Zeit zugeführt werden muss, berechnen und aus derselben die Grösse der Lüftungsanlage ermitteln.

Das Trocknen der Thonwaaren kann vorgenommen werden:

1. auf freier Erde,
2. in freistehenden, unverschlossenen Trockengerüsten,
3. in verschliessbaren Trockenscheunen,
4. in geschlossenen Räumen neben oder über dem Brennofen, unter Benützung der Abhitze desselben,
5. in eigens zu diesem Zwecke erbauten, künstlich erwärmten Trockenkammern.

A. Trocknen auf freier Erde. Sollen die Ziegel auf freier Erde getrocknet werden, so muss man hierzu einen schattigen, gegen starken Luftzug geschützten Ort aussuchen, daselbst den Erdboden einebnen, stampfen und mit feinem Sande, der vor jedem neuen Belegen zu erneuern ist, bestreuen. Ist Lehmboden vorhanden, so genügt es, seine rauhe Decke zu entfernen. Die gewöhnlichen Mauersteine werden auf den so vorbereiteten Erdboden hochkantig und mit Zwischenräumen von 3—6 *cm* in Reihen aufgestellt, während bessere Ziegel auf Trockenbrettchen flach nebeneinander gelegt werden. Sobald Regen oder Nachtfrost zu befürchten ist, bedeckt man die Ziegel mit Strohmatten oder mit einem leicht zu transportirenden Bretterdach. Vor Sonne und Wind schützt man die Ziegel durch Bestreuen mit Sand oder fein gesiebter Asche. Sind die Steine soweit getrocknet, dass man sie ohne Nachtheil für ihre Form übereinander stellen kann, so stapelt man sie mauerförmig auf.

B. Trocknen in Trockengerüsten. Da beim Trocknen auf freier Erde grosse Verluste nicht zu vermeiden sind und man bei anhaltend nasser Witterung nicht rechtzeitig die für einen Brand erforderliche Anzahl lufttrockener Steine erhalten kann, so lässt man die Ziegel besser in einzelnen Trockengerüsten lagern, welche aus Pfosten mit angenagelten Holzlatten bestehen und mit einem weit vorspringenden Dach zum Schutze gegen Regen bedeckt sind (Fig. 115). In solchen freistehenden und unverschlossenen Trockengerüsten ist jedoch der Ziegel nicht genügend gegen Sonne und

Wind geschützt; deshalb benutzt man lieber Trockenscheunen mit entsprechenden Schutzvorrichtungen.

C. Trocknen in Trockenscheunen. Diese Trockenscheunen stellt man mit Rücksicht auf die bei uns vorherrschende Windrichtung am besten so auf, dass ihre Langseiten im Osten und Westen liegen, und wählt ihre Lage derart, dass die Trockenscheune von der Ziegelpresse und dem Brennofen nicht zu weit entfernt liegt und der Transport der Steine möglichst wenig Kraft erfordert. Diese Gebäude müssen einen völlig trockenen Untergrund besitzen und auf einem der Sonne und dem Wind zugänglichen Platze errichtet werden. Entweder stellt man allseitig ein gemauertes Fundament mit Sockel her oder führt besser einzelne Pfeiler auf, um der Luft einen freieren Durchzug unten zu gewähren. Auf diesem Fundament, beziehungsweise den Pfeilern, errichtet man Fachwerkswände, die entweder voll ausgemauert oder mit übereinander gelegten, kurzen Thonrohrstücken oder mit durchbrochener Ziegelmauer ausgefüllt oder mit Lattengittern u. s. w. bekleidet werden, damit die Luft durch das Gebäude mässig hindurchstreichen kann, und versieht dieselben mit hölzernen Klappläden oder mit grossen Fenstern mit Glasjalousien und dergleichen, die auf der Windseite geschlossen, an der gegenüberliegenden Seite aber bei günstiger Witterung geöffnet werden. Bei nasser und kalter Witterung schliesst man diese grösseren Oeffnungen sämmtlich. Die Trockenscheune wird mit einem weit vorstehenden Dach überdeckt, das mit Lüftungseinrichtungen und Dachrinne ausgestattet wird; fehlt letztere, so muss auf der Erdoberfläche unter den Traufkanten eine gepflasterte Rinne hergestellt werden, und zwar am besten aus theergetränkten Ziegelsteinen, welche das Eindringen der Nässe in den zweckmässig erhöht anzulegenden Fussboden der Scheune verhindert.

Die Trockengerüste kann man parallel zu den Langseiten oder zu den Giebelseiten der Trockenscheune anordnen. Ihre Länge wählt man nicht gern über 6 *m*. Die Entfernung der Gerüstständer beträgt etwa 2 *m* und die Breite der aus 2 oder 3 Ständern gebildeten Gerüstleitern 70—80 *cm*. Die Entfernung der ziemlich starken, scharfkantig geschnittenen, am besten flach gelegten und an beiden Enden an die kurzen Querhölzer der Pfosten genagelten Gerüstlatten wählt man in der Höhe von 20—25 *cm*, so dass man bequem einen Backstein hochkantig auf die Latten stellen kann. Die unterste Latte muss mindestens 40 *cm* über dem Fussboden liegen, die oberste zweckmässig nicht über 2·30 *m*, um Laufbahn oder Trittbretter zu ersparen.

Die Laufbahn besteht aus einer schräg angeordneten, am oberen Ende unterstützten und mit aufgenagelten Leisten versehenen Diele. Sie ist immer anzulegen, wenn der Trockenschuppen, wie die Figuren 116 und 117 zeigen, zweigeschossig gebaut ist. Man hat auch die hölzernen Latten durch Telegraphendrähte ersetzt, jedoch hat sich dies nicht bewährt, weil sich die Drähte reckten und häufig nachgespannt werden mussten. Jedenfalls können dieselben nur zum Trocknen leichterer Thonwaaren (z. B. von Dachziegeln) benützt werden.

Die Trockengerüste werden durch Gänge von 90—120 *cm* Breite von einander getrennt. Sind Karrwege anzulegen, so erhalten dieselben eine Breite von 1·5—2 *m*; ein Streichgang erfordert eine Breite von 2·5—3 *m*. Letzterer wird bei Scheunen unter 12 *m* Breite ausserhalb, bei breiteren Scheunen jedoch am besten in der Mittelachse angeordnet. Besitzt das Trockengerüst

acht übereinander liegende Gerüstlatten, so kann man auf 1 m^2 Grundfläche dieser Gerüste im Durchschnitt 150 flach gelegte Ziegel einschliesslich der nöthigen Zwischenräume lagern. Für die Gänge u. s. w. ist eine Grundfläche von vier Drittel der Grundfläche sämmtlicher Trockengerüste zu rechnen. Nach vorstehenden Angaben lässt sich die Grösse der Trockenscheunen einer Ziegelei leicht berechnen, sobald man die durchschnittliche Trockenzeit der Thonmasse und die Anzahl der in dieser Zeit zu trocknenden Ziegel ermittelt hat.

Bei guter Witterung trocknen die Ziegel meistens schon in 24 Stunden so weit, dass man sie ohne Bedenken hochkantig aufstellen kann; nach weiteren 48 Stunden lassen sie sich oft schon luftig aufstapeln; nach 12 bis 14 Tagen (nach ihrem Streichen) können sie häufig schon in den Brennofen gebracht werden, jedoch dauert das Austrocknen manchmal vier Wochen und sogar noch länger, namentlich bei Formsteinen grösseren Formats. Letztere trocknen in ungeheizten Trockenscheunen, in denen ihnen durch Thüren und Fenster (Luken u. s. w.) die nöthige Luftmenge zugeführt wird, stets ungleichmässig, weil die den Luftöffnungen näher liegenden Flächen schneller austrocknen als die entgegengesetzt liegenden. Am schwierigsten trocknet die auflagernde Fläche, weil sie von der Luft gar nicht berührt wird, da der Stein auf einem Trockenbrettchen ruht. Deshalb bestreut man das letztere gleichmässig stark mit nicht zu feinem Sand, der das Schwinden der unteren Steinfläche während des Trocknens erleichtert.

Da die frisch geformten Steine ein ziemlich grosses Gewicht besitzen, so bringt man sie gewöhnlich zunächst auf die unteren Latten und, sobald sie soweit getrocknet sind, dass sie hochkantig gestellt werden können, auf die oberen. In der Nähe der Luken finden zweckmässig die trockeneren Steine ihren Platz, weiter entfernt die nässeren, damit die über die Steinflächen streichende Luft nicht schon kurz nach ihrem Eintritt in die Trockenscheune stark mit Wasser gesättigt wird. Die letzte Austrocknung der Ziegel u. s. w. erfolgt, wenn dieselben bereits eine bleiche Farbe angenommen haben, auf einem geschützten Platze innerhalb des Trockenschuppens oder in dem Raume neben oder über dem Brennofen, oder in besonderen Schuppen, indem man die Ziegel mit mindestens 2·5 *cm* weiten Zwischenräumen aufstapelt. Durch diese Anordnung werden die Trockengerüste in der Scheune für die frisch gestrichenen Ziegel frei.

Die Trockenheit prüft man durch Zerbrechen eines Ziegels und Untersuchung seiner Bruchfläche; zeigt dieselbe durchweg eine helle Farbe, so ist der Ziegel genügend ausgetrocknet und zum Brennen (Schmauchen) reif; man nimmt dann an, dass alle die anderen Steine, welche zu derselben Zeit geformt wurden, gebrannt werden können.

Dachziegel lockert man von Zeit zu Zeit während ihres Austrocknens auf dem Trockenbrettchen auf und wendet sie um, damit sie sich nicht krumm ziehen; unregelmässig geformte Thonwaaren schützt man gegen einen zu starken Luftzug zweckmässig durch 3—6 *cm* starke Thonplatten, die seitlich von ihnen und über ihnen verlegt werden. Zur Entfernung des im lufttrockenen Stein noch vorhandenen, chemisch und mechanisch gebundenen Wassers wird der Stein nach seinem Einsetzen in den Brennofen zunächst bei mässiger Hitze einem Schmauchprocess unterworfen, welcher bei magerem Thon in der Regel 2—3 Tage, bei fettem 5—6 Tage und auch länger währt.

Auch die nicht heizbaren Trockenscheunen gewähren keinen genügenden Schutz gegen Schäden, welche durch Frühjahrs- und Herbstfröste, langanhaltende nasse Witterung u. s. w. verursacht werden, und eignen sich deshalb nicht zum Trocknen von Thonwaaren im Winter.

D. Trocknen in geschlossenen Räumen über oder neben dem Brennofen. Um sich von der Witterung möglichst unabhängig machen, die Thonwaaren gegen Frost schützen und dieselben während des ganzen Jahres formen und trocknen zu können, auch um die Trockenzeit abzukürzen, hat man geschlossene und mit ausreichenden Lüftungsanlagen ausgestattete Räume neben oder besser über dem Brennofen (Ringofen) angelegt und zu ihrer Erwärmung die überschüssige, sonst nutzlos verloren gehende, durch Leitung oder Strahlung freiwerdende Wärme des Ofens benutzt, auch die Leistungsfähigkeit solcher Trockenanlagen durch Benutzung einer zweiten, sehr ergiebigen Wärmequelle, nämlich durch eine Dampfheizung noch erhöht, die man leicht anlegen kann, wenn man eine ständig betriebene Hochdruckdampfmaschine zur Verfügung hat. Eine Dampfheizung ist bei Einrichtung des Winterbetriebes nicht zu entbehren, denn die strahlende Wärme des Ringofens allein genügt nicht, um die feuchten Ziegel gegen Erfrieren zu schützen.

Befinden sich die sämmtlichen, zu einem Ziegeleibetriebe nothwendigen Räume nebst dem Ringofen in einem einzigen Gebäude, wie dies bei neueren Anlagen vielfach der Fall ist, so spart man bedeutend an Grundfläche, Arbeitskraft und Transportlänge, ferner wird die ganze Anlage übersichtlicher und man erhält eine recht gute und billige Trockenanlage durch zweckmässige Ausnützung der über und neben dem Brennofen gelegenen Räume.

1. Trockenanlage von Bock. Die Figuren 118—119 zeigen Trockenanlagen über einem Ringofen, wie solche von O. Bock mehrfach ausgeführt worden sind (siehe den Prospect desselben vom Juli 1896, S. 35 und 36). Bei dem in Figur 118 abgebildeten kleineren Ringofen befindet sich in Ofenkantenhöhe eine Balkenlage und über dem Ofen eine zweite, die Trockengerüste tragende. Diese Anordnung behindert den Raum um den Ofen in keiner Weise, und sie ermöglicht eine gute Vertheilung der von dem Ofen ununterbrochen ausstrahlenden Wärme; letztere wird so gemildert, dass die Thonwaaren gleichmässig und rissefrei austrocknen. In Figur 119 ist die Trockenanlage aus vier Stockwerken gebildet; ihre Grösse und Leistungsfähigkeit entspricht derjenigen des betreffenden Ringofens.

Den Hauptverkehrsweg in den oberen Stockwerken derartiger Trockenanlagen ordnet man am besten in der Mitte und parallel zur längeren Seite des Gebäudes an und rechtwinklig hierzu die beiderseits durch schmale Gänge getrennten Trockengerüste. Das Dach trägt eine mit Oberlicht und verstellbaren Klappen versehene Laterne (Dachreiter), durch welche die feuchte Luft entweichen kann.

Ein über einem Ringofen angelegter Trockenraum kann nach Bock monatlich durchschnittlich zweimal, also im Jahre etwa 24mal und bei leicht trocknenden Thonwaaren sogar noch öfter belegt werden, also je nach der Witterung zwei- bis dreimal so oft als ein offener Trockenschuppen während einer ganzen Sommercampagne.

2. Trockenanlage von Cohrs. In ähnlicher Weise wie die Bock'sche Trockenanlage ist die von Cohrs in Hamburg über Ring- und Langöfen angelegt. Bei dieser Anlage befinden sich die Trockengerüste zu beiden Seiten des Ofens und sind in Entfernungen von 5—7 *m* von einander Luftschächte mit schlitzförmigen Oeffnungen angeordnet, durch welche die erwärmte, aber beständig erneuerte Luft von oben nach unten langsam und ununterbrochen gesaugt wird. Diese Luftschächte haben die Breite des Trockenraumes zur Länge und ein Sechstel derselben zur Breite. Die Trockenkammern sind mit doppeltem Fussboden versehen, von denen der obere durchbrochen ist; die warme Luft wird über die Thonwaaren gezogen und unten, mit Wasserdampf gesättigt, nach dem Schornstein geleitet. Diese Anordnung wird von Fachleuten sehr empfohlen; ihre Leistungsfähigkeit soll die der gewöhnlichen Trockenscheune um mehr als das Doppelte übertreffen. (Eine genaue Beschreibung mit Abbildung der Cohrs'schen Trockenanlage findet man u. A. im »Leitm. Central-Anzeiger« 1887, Nr. 7.)

3. Trockenanlage von Rühne. Zu ihrer Erwärmung dient wenig, aber sehr stark erhitzte Luft, die von unten nach oben (also umgekehrt wie bei der vorigen Anlage) die Ziegel durchstreicht. Die kleinen, dichten Kammern liegen unmittelbar über dem Gewölbe des Ringofens und es folgt der Trockenvorgang dem Feuer des letzteren, so dass nur die mit Brennstoff zu beschickenden und in Gluth stehenden Kammern nicht besetzt sind. Die Trockenräume besitzen aussen verstellbare Klappen zum Eintritt der Luft und werden an den Enden durch bewegliche Wände abgeschlossen. Sie haben bis über das Dach reichende Schlote zur Ableitung der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft. (Siehe »Thonindustriezeitung« 1889, Nr. 22.)

4. Trockenkammern von F. Hoffmann (dem Erfinder des Ringofens). Die Kammern liegen gallerieartig in dem Umbau des Ringofens, um zu verhüten, dass die vom Ofen ausstrahlende, oft zu starke Hitze die frische Waare, welche sich über den in Gluth stehenden Ofenkammern bei Anordnung der Trockenkammern unmittelbar über dem Ofen befinden, beschädigt. Ein grosser Nachtheil dieser Anlage besteht in dem hohen Verlust von Wärme sowie in der geringen Leistungsfähigkeit und in den hohen Herstellungskosten. — Eine andere Anordnung hat Hoffmann in der Weise getroffen, dass die vom Ofen ausstrahlende und bis zum Dach emporsteigende Wärme mittelst trichterförmiger Saugröhren nach unten geführt und unterirdisch nach einigen Canaltrockenöfen geleitet wird, die in einem besonderen Gebäude stehen, in welchem die Austrocknung der Thonwaaren vorgenommen wird. Nach Ohle erfordert aber diese Anlage und jede ihr ähnliche, bei welcher die warme Luft eine widernatürliche niedergehende Bewegung zu machen hat, einen grossen Kraftaufwand und arbeitet demnach theuer. (Siehe O. Bock, a. a. O., S. 174.)

Zu dieser Gruppe von Trockenanlagen bemerkt Dr. G. Möller-Berlin Folgendes:

»Beschränkt man sich auf die, auf Ziegeleien fast immer kostenlos vorhandene Wärmequellen, die strahlende Wärme des Ringofens und den Abdampf der Maschine, so treten folgende Uebelstände naturnothwendig ein. Die zur Verfügung stehenden Wärmemengen genügen, wenn die Luft keine Trockenkraft besitzt, also kalt und wassergesättigt ist, auch nicht annähernd für den Wärmebedarf zur Trocknung; die Folge muss sein, dass in solchen

Fällen nicht mehr von der Trockenanlage die erforderliche Menge an trockenen Ziegeln regelmässig geliefert wird, dass die Leistung schliesslich ganz aufhört, ja es nicht einmal immer gelingt, die feuchten Ziegel vor Frosteinwirkung zu schützen. Es soll hiermit nicht ein Urtheil gegen alle diese Trockeneinrichtungen gesprochen, sondern nur klar gesagt werden, dass diese Einrichtungen in der Hauptsache durch die Aussenluft trocknen, von dieser im hohen Masse abhängig sind und infolgedessen natürlich regelmässig gleiche Mengen trockener Ziegel nicht liefern können, jedenfalls auch nicht regelmässigen Sommer- und Winterbetrieb mit Sicherheit ermöglichen. Nimmt man eine bei ungünstigerer Witterung verminderte Leistung in den Kauf, richtet hiernach die ganze Trockenanlage ein, begnügt sich mit dem zweifellosen Vortheil, die Fabrikationszeit ausdehnen zu können, ohne volle Winterfabrikation zu verlangen, so ist gegen solche Anlagen nichts einzuwenden. Eine Berechnung in jedem einzelnen Falle wird festzustellen haben, ob die Vortheile solcher Einrichtungen die kostspielige Anlage und die nöthigen maschinellen Vorrichtungen zum Heben der nassen und Senken der trockenen Ziegel bei Anlagen in Etagen neben und über dem Ringofen rechtfertigen. Da auch bei allen diesen Anlagen die Steine in die Trockengerüste gesetzt und aus diesen wieder entfernt werden müssen, dürfte auch gegenüber zweckmässigen alten Anlagen mit Trockenschuppen im Freien, wenn anders die Transportmittel vollkommen, eine erhebliche Ersparniss an Arbeitslöhnen nicht zu erzielen sein. Keine der oben genannten Anlagen ermöglicht es, das hygroskopische Wasser aus den Ziegeln zu entfernen.«

E. Trocknen in eigenen, künstlich erwärmten Trockenkammern. Für feinere Thonwaaren (Verblendsteine, Terracotten, Statuen u. s. w.), aber auch für gewöhnliche Mauersteine hat man Trockenkammern der verschiedensten Construction angelegt und dieselben in der verschiedensten Weise erwärmt, so z. B. durch gemauerte und bis zur schwachen Rothgluth erhitzte Oefen, die an verschiedenen Stellen des Trockenraumes aufgestellt wurden, und deren 6—12 *cm* weite Abzugsröhren fast bis unter das Dach gingen, oder durch die Abhitze von Brennöfen oder durch den Abdampf von Dampfmaschinen, den man in Röhren durch den Trockenraum leitete, oder durch Oefen, die ausserhalb der Trockenkammern aufgestellt wurden und Anlage einer Luftheizung oder durch Züge und Canäle, welche unter dem Fussboden angelegt und mit Chamotte- oder Eisenplatten bedeckt wurden u. s. w. Diese Räume werden, um ein Reissen der Thonwaaren zu verhüten, anfänglich schwach, dann stärker geheizt, und mit Ventilatoren (Exhaustoren) oder Schornstein u. s. w. versehen, damit die mit Wasserdampf gesättigte Luft schnell entweichen und frische Luft bequem zugeführt werden kann. Durch einen Schornstein kann man jedoch nach Zwick die abzuführende Luftmenge nur dann bewältigen, wenn die Temperatur im Trockenraum mindestens 40° *C* beträgt; bei schwächerer Heizung ist ein Exhaustor zu benutzen.

Um 1 *kg* Wasser von 0° Temperatur zu verdampfen, sind 630 Wärmeeinheiten (Calorien) erforderlich. Nimmt man den Wassergehalt eines durchschnittlich 4·0 *kg* schweren Ziegels (im feuchten Zustande) im Mittel zu 25% an, so enthalten 1000 Ziegel etwa 1000 *kg* Wasser, zu deren Verdunstung demnach 630.000 Wärmeeinheiten oder, da 1 *kg* Steinkohle im Mittel 5400 Wärmeeinheiten zu erzeugen vermag, etwa 115 *kg* Steinkohle erforderlich sind.

(Nach Seger ergiebt sich für die künstliche Trocknung von 1000 Stück nassen Maschinenziegeln mit 22·5% Wasser theoretisch ein Verbrauch von 105 *kg* bester Steinkohle von 7500 Wärmeeinheiten bei einer Aussentemperatur von + 4·5° *C* und Erwärmung des Trockenraumes auf + 20° *C*). Da von der durch Steinkohlen erzeugten Wärme praktisch ein grosser Theil nicht ausgenutzt werden kann, so ist der Brennstoffaufwand bei künstlicher Trocknung noch weit grösser und demnach ein recht bedeutender, auch vielfach grösser als der Kohlenverbrauch für das Brennen derselben Anzahl Ziegel im Brennofen.

Seger hat berechnet, dass zur Entfernung der in 1000 Mauersteinen enthaltenden Wassermasse:

bei	20° *C*	Erwärmung	60.952 m^3	Luft
»	30° *C*	»	30.661 m^3	»
»	40° *C*	»	16.946 m^3	»
»	50° *C*	»	10.090 m^3	»
»	60° *C*	»	6.340 m^3	»
»	70° *C*	»	4.117 m^3	»
»	80° *C*	»	2.757 m^3	»

nothwendig sind, also selbst bei höherer Temperatur immer noch eine recht beträchtliche Menge. Nach dieser ist die Lüftungsanlage zu bestimmen.

Zu dieser Classe von künstlichen Trockeneinrichtungen rechnet man:

1. den Canalofen von Bock. Auf Schienen laufende, mit Thonwaaren beladene Wagen werden durch einen Canal gezogen, welcher durch eine Dampfheizung erwärmt wird, deren Röhren von dem Eintritt der frischen Waare nach dem Austritt der getrockneten, also von einem Canalende bis zum anderen, an Zahl zunehmen, so dass in den verschiedenen Abtheilungen des Trockenraumes verschiedene Temperaturen herrschen und die durchstreichende, sich mehr und mehr mit Feuchtigkeit sättigende Luft in immer wärmer werdende Gebiete eintritt, wodurch sie ganz erheblich an Aufnahmefähigkeit für Feuchtigkeit gewinnt. Dieser Canal kann auch mit Ofenheizung und mit Gasheizung versehen werden. (Siehe O. Bock, a. a. O., S. 174 und § 92.) Zu dieser Trockenanlage bemerkt Dr. G. Möller Folgendes: »Dass dieser Apparat, wie es scheint, vom Erfinder selbst nicht mehr angewendet wird, hat jedenfalls seinen Grund darin, dass die technische Schwierigkeit, die steigenden Temperaturen im Trockencanal an jeder Stelle richtig zu erzeugen, sehr gross ist. Ueberdies ist auch sicher, dass die von Bock selbst angegebene Abdampfheizung seines Canals bei weitem nicht die genügende Wärme liefern kann.«

2. Den Canalofen von Fellner und Ziegler in Frankfurt a. M. Derselbe ist ähnlich dem Bock'schen construirt, jedoch ist hier das Princip des Gegenstromes in Anwendung gebracht, das gegenüber dem Gleichstromprincip, welches der Bock'sche Canalofen besitzt, einen grösseren Aufwand an Brennstoff verlangt. Die Luft wird mittelst eines Ventilators am einen Ende des Canales eingeblasen und zum Theil unter den Rost der Feuerung, zum Theil unmittelbar in eine Mischkammer getrieben, in welcher sie sich mit den aus der Feuerung strömenden Verbrennungsgasen vermischt und dann durch schlitzförmige, verstell- und verschliessbare Oeffnungen in den Trockencanal eintritt. Die Thonwaaren werden mittelst Wagen dem Luftstrom vom

anderen Ende des Canals aus entgegengeführt, so dass sie erwärmt werden, bevor sie von ganz heisser und trockener Luft bestrichen werden. (Siehe »Thonindustriezeitung« 1889, S. 216.)

3. Die Trockenanlage von Schaaf. Auch hier beruht das Trockenverfahren auf dem Princip des Gegenstromes. In geneigte Kammern, die aus einer Anzahl neben-, über- und untereinander liegender, nur durch Wandungen getrennter und einen geringen Querschnitt besitzender Zellen bestehen, werden die nassen Steine oben auf Trockenbrettchen oder Rähmchen eingesetzt; sie gleiten mit diesen auf seitlichen Führungsleisten herab und werden unten, vollständig getrocknet, herausgenommen. Die Steine sind in der Weise gelagert, dass sie von der Trockenluft allseitig umspült werden können, so dass ein ungleichmässiges Austrocknen vermieden wird. Die zur Erhitzung der Luft erforderliche Wärme wird den Zellen durch Röhren unten zugeführt; durch diese Röhren wird Dampf (directer oder Rückdampf) u. s. w. geleitet, wobei man auch mit Vortheil die Abhitze des Ringofens mitbenutzen kann. Die Luft erwärmt sich, indem sie diese Röhren umspült und entweicht nach ihrem Durchzug durch die Zellen ins Freie; sie zieht demnach den zu trocknenden Steinen entgegen, berührt zunächst mit hoher Temperatur die trockenste Waare und dann immer feuchtere Waare, wobei sie sich mehr und mehr mit Wasserdampf sättigt, so dass sie bei ihrem Austritt aus den Zellen ihre Trockenkraft fast ganz eingebüsst hat. Hiernach erhält also die nasse und empfindlichste Waare die schwächste, die nahezu getrocknete die stärkste Hitze. Diese Anlage gestattet ein sehr schnelles, vollständiges und auch billiges Trocknen. (Näheres hierüber findet man u. A. in dem Werke von O. Bock: »Die Ziegelfabrikation«, S. 180 ff.)

Zu diesen drei Trockeneinrichtungen, die bei Anwendung directer Heizung auch die Beseitigung des mechanisch und chemisch beigemengten Wassers bewirken, macht Dr. G. Möller folgende beachtenswerthe Bemerkungen: »Bei diesen Einrichtungen, die nach der bisherigen Kenntniss allein regelmässigen Sommer- und Winterbetrieb ermöglichen, tritt folgende grosse Schwierigkeit auf: Hat die Aussenluft grosse trocknende Kraft, so wäre es wirthschaftlich nöthig, die zugeführte Wärmemenge möglichst zu verringern; bei nasser, kalter Luft dagegen müssen die bekannten sehr grossen Wärmemengen zugeführt werden; dadurch wird der Betrieb ein sehr schwieriger und bei ungünstiger Witterung ein sehr kostspieliger. Zumeist sind überdies diese Einrichtungen, da sie bei ungünstigen Witterungsverhältnissen mit künstlichen Wärmequellen stark arbeiten müssen, nicht so eingerichtet, dass sie bei grosser Trockenkraft der Luft diese voll ausnützen können. Gewisse von den zu erstrebenden Zielen allerdings noch weit abliegende Vortheile sind auch durch diese Trockeneinrichtungen zu erlangen. Im Besonderen möchte ich die Einrichtungen von Schaaf nennen, welche neben den Canaltrockenapparaten von Bock und Fellner und Ziegler, was Ersparniss an Arbeitslohn betrifft, einen sehr bedeutenden Fortschritt bezeichnen.«

Weiter haben R. Mensing in Zwickau (siehe O. Bock, a. a. O., S. 173), Weigelin (siehe »Thonindustriezeitung«, 1892, Nr. 8—14), Bührer und Hamel (siehe Gottgetreu, a. a. O., Bd. I., S. 260), Hotop (siehe »Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung« 1893, Nr. 19) u. s. w. Trockenanlagen für Ziegeleiwaaren empfohlen, deren Beschreibung hier zu weit führen würde. Dagegen wollen wir die neueste Erfindung auf diesem Gebiete, nämlich die Trockenanlage

von Dr. G. Möller (Berlin) und Professor P. Pfeifer (Braunschweig) hier eingehender besprechen, weil dieselbe unseres Erachtens eine grosse Zukunft besitzt. Wir benützen zu unserer Beschreibung einen Vortrag, welchen Dr. G. Möller in der 32. Generalversammlung des »Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln u. s. w.« gehalten hat und dessen Wortlaut in der »Thonindustrie-Zeitung», 1896 Nr. 10 und 12 veröffentlicht ist, sowie Mittheilungen, die uns vom Erfinder selbst zugegangen sind.

Dieser Trockenanlage liegt das physikalische Gesetz zu Grunde, dass Wasserdampf bei seinem Uebergang in den flüssigen Aggregatzustand genau diejenige Wärmemenge wieder abgiebt, welche zu seiner Bildung nothwendig war. Das Trocknen (von Ziegeln, Verblendsteinen, Biberschwänzen, Falzziegeln und geziegelter Rohcementmasse) erfolgt in einem gemauerten geraden Canal, durch welchen die frisch geformten Waaren auf Etagenwagen, die auf Schienensträngen laufen, hindurch bewegt werden. In diesem continuirlich betriebenen Canal liegen die Geleise nebeneinander, so dass derselbe also ständig — je nach der Canalleistung — mit drei bis vier Reihen beladener Wagen gefüllt ist. Man legt ihn am besten parallel zum Brennofen und so an, dass sein Eingang unmittelbar an der Ziegelpresse, beziehungsweise dem Streichtisch, und sein Ausgang am Ringofen sich befindet. Am einen Ende (dem Ausgang) besitzt der Canal eine directe, von aussen zu bedienende Feuerung *f* (Feuerluftheizung oder Dampfheizung mit Dampf von etwa 8 Atmosphären Spannung, um eine Temperatur über 100° *C.* zu erzielen); dieses Ende ist durch eine, mit Gegengewicht ausbalancirte Hubthür *h* (Fig. 120) verschlossen, während das andere offen gehalten oder nur durch Segeltuch (während des Winters) geschlossen werden kann. Statt der Hubthüren werden auch einfache aus Holz roh gezimmerte Klappthüren empfohlen. Das auf dem Rost *r* (Fig. 122) erzeugte Feuer streicht durch die mit Rippen ausgestatteten Caloriferen *c* und seine Gase gelangen in den Schornstein, ohne mit dem Trockengut in Berührung gekommen zu sein. Ausserdem ist der Canal in seiner ganzen Längenausdehnung mit Heizkörpern (gerippten Gusseisenröhren *g*) ausgestattet, welche dadurch Wärme abgeben, dass durch sie der dem Trockengut entzogene Wasserdampf geführt wird. Endlich befinden sich in der Längenrichtung des Canales Ventilatoren *v*, welche weder Luft einführen, noch ableiten, sondern lediglich nur zur Uebertragung der Wärme von den Heizkörpern auf die zu trocknende Waare dienen; sie bewegen die im Canal befindliche Luft senkrecht zur Längsachse desselben von der Heizung durch die erste Wagenreihe, dann durch die zweite Heizvorrichtung und zweite Wagenreihe, hierauf durch die dritte Heizvorrichtung und die dritte Wagenreihe u. s. w., alsdann in den Schacht neben den Ventilatoren nach unten, hierauf durch die Sohlcanäle wieder zur ersten Heizung und so fort. (Vergl. Fig. 125.)

Je nach Ablauf einer halben bis einer ganzen Stunde wird am heissen Ende des Canales nach Oeffnen der Hubthür oder Klappthür von jedem Schienenstrang ein Wagen mit trockenen Ziegeln gezogen und in den Ringofen hineingeschoben, die Thür wieder geschlossen, dann mittelst Windewerk *w* (Fig. 123) der ganze Canalinhalt um eine Wagenlänge vorgeschoben und gleichzeitig am kalten Ende auf jeden Schienenstrang ein mit frischer Waare beladener Wagen nachgeschoben. Die frisch mit Steinen beladenen Wagen werden stets dicht hintereinander an den Trockencanal herangefahren.

Die Condensationsheizkörper *g* münden an beiden Enden in Sammelgefässe *s*, die zur Aufnahme des Condensationswassers dienen. Von denjenigen Sammelgefässen, die in der Nähe der Caloriferen liegen, führt ein über der Decke des eigentlichen Trockenraumes liegender Canal *k* (Fig. 120) nach dem heissen Ende und durch hier in der Decke angebrachte Oeffnungen nach dem Innenraum selbst. Die am entgegengesetzten Ende stehenden Sammelgefässe sind durch eine Rohrleitung *l* (Fig. 121) mit einem kleinen Exhaustor *e* verbunden. Da die ganze Leitung vom Exhaustor *e* bis zum Canal *k* (durch die Sammelgefässe und Rippenrohre) dicht geschlossen ist, so muss die gelinde saugende Wirkung des Exhaustors bewirken, dass die am heissen Ende des Canales sich befindenden Gase, Luft und Wasserdämpfe, durch die Oeffnungen in der Decke, den Canal *k*, die Sammelgefässe und Rippenrohre gezogen werden. Da ferner der Trockencanal am heissen Ende durch die Hubthür *h* verschlossen ist, so können die hier unter Einfluss des Exhaustors mitgenommenen Gase nur dadurch ersetzt werden, dass vom kalten offenen Ende des Canales her mit dem Wagen zugleich und in derselben Richtung Luft in den Trockencanal eintritt. Diese Luft zieht in ganz langsamem Strom ein und wird auf ihrem Wege bis zum heissen Ende durch die Ventilatoren beständig in kräftiger Quercirculation erhalten; sie erhitzt sich beim Durchgang zwischen den Condensationsheizkörpern und wird regelmässig wärmer; sie nimmt beim Durchzug durch die frisch eingefahrene Waare aus dieser Wasser auf und erwärmt sie zugleich; sie gelangt mit Wasserdampf übersättigt an das heisse Ende des Canales, wo sie durch die Caloriferen ihre höchste Temperatur und hierdurch gleichzeitig ihre grösste Wasseraufnahmefähigkeit erreicht, und entzieht den zum grössten Theile bereits ausgetrockneten, an dieser Stelle sich befindenden Steinen den letzten Rest ihres Wassers. Die auf diese Weise stark erhitzte und stark mit Wasser gesättigte Luft zieht nun durch das Innere der Condensatoren hindurch zum kalten Ende hin, wobei sie immer mehr und mehr allmälig abgekühlt wird, weil die Condensatoren von aussen her von einer immer kälter werdenden Luft umspült werden. Die Luft wird hierbei ihres Wasserdampfes beraubt, welcher condensirt, und schliesslich mit einer, die Eintrittstemperatur nur um wenige Grade übersteigenden Temperatur durch den Exhaustor entfernt. Sobald sich die Wasserdämpfe verflüssigen, wird die latente Wärme derselben frei und zugleich an die, die Condensatoren umspülende, Luft übertragen, so dass diese Wasseraufnahmefähigkeit erlangt und aus dem Trockengut Wasser in Dampfform aufnimmt. Und so wiederholt sich dieser Vorgang beständig. Das sich im Innern der Heizrohre bildende Condensationswasser fliesst aus den Sammelgefässen durch eine, im unteren Theile angebrachte Rohrleitung mit Wasserverschluss in ständigem Strome ab.

Dass diese geistvoll erdachte Trockeneinrichtung vor allen den anderen, hier besprochenen, mannigfache Vorzüge besitzt, kann von Niemandem bestritten werden. Zunächst wird bei ihrer Anlage eine erhebliche Ersparniss an Arbeitslöhnen erzielt, weil der frisch geformte Ziegel unmittelbar auf den Wagen gesetzt und ohne Menschenkraft durch den Trockencanal zum Ringofen bewegt wird, sodann ist man vollkommen unabhängig von der Witterung, weil nur ganz kleine Mengen Aussenluft in den Trockenapparat eingelassen werden; man kann daher auch selbst bei einer Kälte von — 16 *bis* 20^0 *C. das* Trocknen bewirken; ferner ist die Trockenzeit eine sehr

kurze, da die Ziegel während ihres Austrocknens einer unbedingt regelmässig steigenden Temperatur (bis über 100°) bei ebenso regelmässig steigender Wasseraufnahmefähigkeit der sie umgebenden Luft ausgesetzt sind, sodann erzielt man eine vollständige Austrocknung der Ziegel, so dass der ganze Schmauchprocess im Ringofen, der, wie wir noch später ausführlich erörtern werden, mannigfache Schwierigkeiten und Schäden verursacht, entbehrlich wird, und endlich ist der Brennstoffaufwand für die directe Heizung, welche nur dazu dient, die in der Praxis unvermeidlichen Wärmeverluste durch Strahlung und kleine Undichtigkeiten zu ersetzen, ein sehr geringer und gleichzeitig wird wegen des Fortfalles des Schmauchprocesses und der heiss in den Ringofen gelangenden Ziegel auch Brennstoff im Ringofen und Zeit (30—50%) erspart. Einen weiteren Vortheil möchten wir zu erwähnen nicht unterlassen, der darin besteht, dass das Condensationswasser zum Speisen des Dampfkessels verwendet werden kann. Da die Ursachen der Verfärbungen vieler Steine bei diesem Trockenverfahren beseitigt werden, so kann man im Ringofen vollständig reinfarbige Waare erzielen.

Als normale Temperaturen befinden sich in der Trockenanlage solche von 30—120° *C.*, vom kalten nach dem heissen Ende hin allmälig steigend. Die Trockenzeit beträgt, je nach der Beschaffenheit der Waare, durchschnittlich nur etwa 20 Stunden in dieser Anlage. Der Brennstoffaufwand ergab sich bei einem im Betriebe befindlichen Trockenapparat zu 25—30 Pfg. für 1000 Stück Ziegel; er vermindert sich mit wachsender Tagesproduction.

Die Inbetriebsetzung wird in der Weise vorgenommen, dass nach Erbauung und Aufstellung des Trockencanales. sowie der Apparate desselben die Feuerstellen leicht angeheizt und die Ventilatoren in Betrieb gesetzt werden. Ist eine Dampfheizung eingerichtet, so wird dieselbe in Betrieb genommen. Sobald das Mauerwerk genügend ausgetrocknet ist, wird der Trockencanal sofort vollständig mit beladenen Wagen besetzt, die Ziehzeit jedoch zunächst sehr gross genommen; sie erfolgt bei den ersten Wagen erst nach etwa sechs Stunden und wird während der nächsten zwei oder drei Tage immer mehr verkürzt, bis sie auf die normale, der Leistung des Canales entsprechende zurückgeführt ist. Während der Inbetriebnahme ist dem verschiedenen Verhalten des Thones entsprechend mitunter die Windgeschwindigkeit in der Längsrichtung des Canales abzuändern, die Grösse der Luftmenge, welche in den Canal von aussen her eingeführt wird, zu vermehren oder zu vermindern, die Windgeschwindigkeit in der Querrichtung zu beschleunigen oder zu verlangsamen, je nachdem der Thon mehr oder weniger empfindlich ist, bezüglich der Schnelligkeit der Wasserentziehung.

Der Betrieb während der Nacht ist der gleiche; die von der Ziegelpresse während des Tages mehr hergestellten Steine werden auf Wagen gesetzt und diese auf ein Reservegeleise aufgefahren; während der Nacht dienen diese Reservewagen zur Ergänzung des Einsatzes im Trockenofen; das sofortige Einsetzen der den Trockencanal heiss verlassenden Steine in den Ringofen ist vortheilhaft auch während der Nacht zu bewirken.

Die grössten Canäle, welche bislang erbaut worden sind, besitzen eine Tagesleistung von 20.000—23.000 Steine; bei grösserem Bedarf an getrockneter Waare ist die Anwendung mehrerer Canäle empfehlenswerther, weil sonst die Grössenverhältnisse zu schwierig und der Betrieb verhälnissmässig umständlich wird.

§ 91. Die Transporteinrichtungen auf Ziegeleien.

Der Transport der Thonmasse von den Gruben nach den Halden, Sümpfen und Homogenisirungsmaschinen und von diesen nach dem Streichtisch oder nach den Ziegelpressen, der frisch geformten Steine von den Formplätzen nach den Trockenanlagen, der lufttrockenen Steine von letzteren nach dem Brennofen und der gebrannten Waare vom Ofen nach den Lagerplätzen erfordert mehr als die Hälfte aller im Ziegeleibetriebe nothwendigen Ausgaben. Mit Abnahme der Transportkosten wächst die Rentabilität der Ziegelei und es ist daher letztere stets so anzulegen, dass die Summe der Transportwege möglichst klein wird. Dies erreicht man in vollkommenster Weise durch Unterbringung sämmtlicher Arbeits-, Maschinen-, Trockenräume und des Brennofens in einem einzigen, in möglichster Nähe der Thongruben zu errichtenden Gebäude.

Die Transporteinrichtungen müssen einen sicheren, regelmässigen und ununterbrochenen Betrieb ermöglichen. Man unterscheidet den wagrechten Transport, den senkrechten und den auf schiefer Ebene.

Der **Horizontaltransport** wird, wenn es sich um die Bewegung kleinerer Massen auf kürzeren Wegen (bis etwa 120 *m* Länge) handelt, am billigsten durch einrädrige Handschubkarren aus Holz oder Eisen bewirkt, welche noch bei einem Längengefälle des Weges bis 1 : 10 benützt werden können und auf hölzernen, eisernen oder steinernen Bahnen bewegt werden. Bei Transportirung grösserer Thonmassen auf grössere Entfernungen verwendet man zwei-, drei- oder vierrädrige grössere Transportwagen (Kippwagen, Lowrys) mit Pferdebetrieb bei Transportlängen bis zu 1800 *m* und vierrädrige Kippwagen mit Locomotivbetrieb bei grösseren Transportlängen; die Pferdekippkarren werden auf befestigten Wegen oder auf schmalspurigen, festliegenden oder transportablen Schienengeleisen (Feldbahnen) bewegt, die mit Dampfkraft betriebenen natürlich nur auf Eisenbahnschienen. Oder man verwendet zwei- oder dreietagige Wagen mit drei oder vier Rädern, je nachdem man dieselben auf dem befestigten Fussboden oder auf einem

»Die Wagen werden auf den fortwährend zu passirenden Hauptstrecken hängend gefahren, während sie in den Querwegen zwischen den einzelnen Trockengerüsten auf ihren eigenen Rädern auf dem Fussboden laufen. Die in etwa über Mannshöhe angebrachte Hängebahnschiene fährt um den Elevator herum oder, wenn ein solcher fehlt, an dem Abschneideapparat der Ziegelpresse vorbei. Die Wagen schweben einige Centimeter über dem Fussboden und hängen in zwei Zapfen, nach allen Seiten frei pendelnd, in einem mit zwei Hängebahnrädern versehenen Bügel.

Auf die Hängebahnschiene wird eine lose Kletterweiche aufgelegt, die auf einer Stelle, entweder in der Mitte oder am Ende, etwas nach unten gebogen ist. Der ankommende Wagen hebt sich bei Auffahrt auf die Weichenspitze so viel, dass der Radkranz über die Schiene hinwegfahren kann; der Wagen bewegt sich auf der schiefen Ebene der Weiche hinunter, so dass er, an der tiefsten Stelle angekommen, auf seinen eigenen drei Rädern zu stehen kommt und sich die Zapfen vom Bügel lösen. Hierauf wird der Wagen in den Gerüstweg hineingeschoben und entladen, während der Bügel auf der tiefsten Stelle der Weiche hängen bleibt. Ein leerer Wagen wird nun unter den Bügel gebracht und mit diesem zusammen die schiefe Ebene hinaufgeschoben. Hierdurch fasst der Zügel zunächst die Zapfen, wonach der Wagen sich über den Fussboden hebt und schwebend nach der Beladestelle zurückgefahren wird. — Beim Befahren des Hauptverkehrsweges wird eine transportable Weiche benutzt, die unterhalb eines Gestelles montirt ist, welches auf drei Rädern ruht, die auf den parallelen Hängebahngeleisen laufen. Durch abwechselndes Auflegen der einen oder der anderen Weichenspitze ist es möglich, dass das eine Hängebahngeleise für die Hinfahrt der beladenen Wagen, das andere für die Rückfahrt der leeren Wagen benutzt wird, und zwar in einem Hauptverkehrswege von nur 2 *m* Breite.«

Beim **Verticaltransport** benutzt man Aufzüge oder Elevatoren, die in der verschiedensten Construction im Handel vorkommen; man stellt dieselben aus einem Hanfgurt ohne Ende her oder aus Brettchen oder Eisenplättchen, welche an jedem Ende in eine über Rollen laufende, langgliederige Kette ohne Ende eingefügt werden. Die in Fig. 94 dargestellte Schlickeysen'sche Dampfziegelpresse besitzt einen Elevator, welcher die Thonmasse zum senkrecht stehenden Thonschneider in schräger Richtung führt.

Zum Heben der gepressten Ziegel in höher gelegene Trockenräume fabricirt Schlickeysen Elevatoren, welche aus senkrecht aufgehängten, in sich geschlossenen Gliederketten bestehen, in deren Achse frei schwebende Schalen hängen, auf die man entweder je ein Brett mit zwei bis drei daraufgestellten Ziegeln legt oder letztere auch unmittelbar vom Abschneidetisch abstellt. Diese Elevatoren besitzen Vorrichtungen zur Vermeidung von Schwankungen des Aufzuges und dadurch leicht hervorgerufenen Unfällen, sowie zur Verhütung des Herabsinkens der beladenen Seite bei plötzlichem Stillstand des Elevators und des Herunterfallens des ganzen Apparates beim unerwarteten Reissen eines Kettengliedes, endlich auch solche, die ein Ein- und Ausrücken an jeder beliebigen Stelle der ganzen Höhe gestatten.

Auf schräg ansteigender Bahn benutzt man Aufzüge, welche entweder mittelst Wellen bewegt werden, die eine oder zwei Seiltrommeln mit je einem Drahtseil tragen und abwechselnd einen beladenen, am Drahtseilende befestigten Wagen hinauf- und einen leeren herabziehen, oder mittelst Kette

ohne Ende betrieben werden, die auf der einen Seite den herangeschobenen beladenen Wagen selbstthätig greift, emporzieht und oben stehen lässt und gleichzeitig auf der anderen Seite einen leeren Wagen greift, herabzieht und unten stehen lässt. Derartige Thonaufzüge werden ebenfalls von C. Schlickeysen geliefert.

Sind getrocknete Steine nach unten zu befördern, so verwendet man wiederum Elevatoren oder Bremswerke mit Gegengewichten oder aus einem schräg gestellten Bodenbrett und zwei schräggestellten Seitenbrettern bestehende Rinnen oder Rutschen, in denen die Ziegel selbstthätig von oben nach unten gleiten. Letztere Einrichtung empfiehlt sich nur beim Abwärtstransport von lufttrockenen, genügend festen Mauersteinen, deren Ecken und Kanten bei dem Herabrutschen nicht leicht beschädigt werden können.

Besitzt das Terrain ein für die Anlage einer Geleisbahn ungünstiges Gefälle, so legt man mit Vortheil die leicht herzustellenden und billigen, von der Beschaffenheit der Erdoberfläche ganz unabhängigen Drahtseilbahnen an. Man hat hierbei verschiedene Systeme, hauptsächlich aber die beiden folgenden angewendet. Ein festgespanntes, an beiden Enden verankertes und an (meistens hölzernen), in Abständen von 20—50 *m* aufgestellten Zwischenstützen aufgehängtes Drahtseil von 3—5 *cm* Durchmesser wird als Laufseil für einen mit zwei Rollen laufenden, das Fördergefäss an Ketten tragenden Wagen benutzt, während ein zweites, mit letzteren fest verbundenes, von einer durch eine Dampfmaschine getriebenen Winde in Bewegung gesetztes Drahtseil als Zugseil dient. Oder ein einziges endloses Drahtseil, das die Fördergefässe in einem mit ihm fest verbundenen Bügel trägt, wird an beiden Enden über Seilrollen geführt, durch dieselben gespannt gehalten und durch Drehung einer derselben mit Hilfe einer stationären Dampfmaschine in Bewegung gesetzt; der eine Seilstrang dient für die beladenen, der andere für die leeren Fördergefässe. Die erste Einrichtung (mit festem Lauf- und beweglichem Zugseil) gewährt den Vortheil einer Verminderung der Betriebskraft, sowie der Reibung und demgemäss auch der Seilabnützung.



zunächst in einer Höhe von 28 hochkantig gestellten Steinen aufgeführt und mit zwei Schichten flachkantig verlegter Steine abgedeckt. Der Bauplatz erhält zweckmässig eine kleine Vertiefung von den beiden Längsseiten nach der Mitte zu und wird dann festgestampft und mit den lufttrockenen Steinen bepackt, indem man dieselben in gehörigem Verbande einsturzsicher zu einem pyramidenstumpfförmigen Haufen zusammenstellt, wie dies Fig. 128 zeigt. Es empfiehlt sich, die unterste Schicht aus bereits gebrannten und hochkantig gestellten Steinen zu bilden; stehen solche nicht zur Verfügung, so sind die lufttrockenen Steine dieser Schicht mit Kohlenklein (Grus) zu bestreuen. Ueber dieser ersten Schicht werden in Entfernungen von je drei Steinlängen Luftzüge *aa* angelegt, deren Querschnitt der Steingrundfläche entspricht; darüber bildet man in Entfernungen von je zweieinhalb Steinlängen Schürgassen oder Feuercanäle *bb*, die unten eine Breite von einer, oben jedoch nur eine solche von einer halben Steinlänge (durch Vorkragen zweier Ziegel) sowie eine Höhe von dreieinhalb hochkantig gestellten Steinen erhalten. Diese Schürgassen füllt man ganz mit Steinkohlen aus, und zwar so, dass unten grosse, oben kleine Stücke liegen. Ueber die Schichten kommen abwechslungsweise Schichten von Ziegeln und Kohlenklein; die Brennstoffschichten erhalten eine Höhe von etwa 15 *mm*. Behufs gleichmässiger Verbreitung des Feuers setzt man die Steine über den Schürgassen etwas weiter von einander entfernt, so dass schmale Fugen entstehen, die ebenfalls mit Steinkohlenstückchen ausgefüllt werden. Die Steinpyramide wird aussen mit einer dünnen Lehmschicht bekleidet, welche man zur Vermeidung von Wärmeverlusten und Störungen des Brennprocesses möglichst dicht zu halten hat; man muss daher alle während des Brandes entstehenden Risse dieser Schutzdecke sofort mit frischem Lehmmörtel verkitten. Den fertiggestellten Ofen setzt man durch Entzündung der an den Mündungen der Schürgassen lagernden Brennstoffmassen mittelst eingeschobener, brennender Reisigbündel oder Holzspähne in Brand. Nach einigen Stunden verschliesst man die Feuercanäle so weit, dass nur noch eine für den Luftzug bestimmte Oeffnung von etwa 60—70 cm^2 Querschnitt verbleibt. Gegen starken Wind schützt man die betreffende Seite des Ofens durch vorgehängte Strohmatten, auch verschliesst man, wenn dies nöthig wird, auf dieser Seite sämmtliche Zuglöcher. In etwa acht bis zehn Tagen steigt die Glut bis zur Decke; letztere wird dann mit trockener Erde beschüttet. Nach vollendetem Brande lässt man den Meiler noch zehn bis vierzehn Tage lang stehen, ehe man mit dem Abtragen beginnt, damit die gebrannten Steine sich genügend abkühlen können. Ein solcher Feldofen braucht für 1000 Ziegel 1·5—2·0 *kg* Kohlenklein (Grus) und $^3/_4$ *kg* Steinkohle, wenn der Brennprocess durch einen erfahrenen Ziegelmeister sorgfältig überwacht wird. Ein grosser Theil der vom Brennstoff erzeugten Wärme geht jedoch selbst bei bester Bedienung des Ofens nutzlos verloren, so dass die Brennkosten (nach Zwick) allein die Hälfte bis drei Viertel sämmtlicher Herstellungskosten der Ziegel betragen. Sodann hat der Feldofen den Nachtheil, dass die Steine in ihm ungleich gebrannt werden; denn die im Inneren des Ofens lagernden, der grössten Glut ausgesetzten Steine werden hartgebrannt, ja sogar theilweise geschmolzen, während die an den Aussenseiten liegenden zu schwach gebrannt werden und ungar bleiben, so dass sie gar nicht oder höchstens nur zur Aufführung von Zwischenwänden benutzt werden können. Ferner ist wegen der in den einzelnen Theilen des Ofens ver-

schiedenen Glut die Schwindung der einzelnen Steine eine verschiedene; man erhält also beim Feldbrand stets Steine verschiedenen Formates. Sodann setzt sich der Meiler in der Mitte, wo die grösste Glut herrscht und daher die Steine am meisten schwinden, mehr als an den Seiten, wodurch viel Bruch entsteht. Endlich treten auch noch Verluste durch den Druck der oberen Steine auf die unteren ein. Den Gesammtverlust kann man zu 10—20% annehmen.

Eine etwas bessere Ware liefern Feldöfen mit einem aus Bruchsteinen und Lehmmörtel hergestellten Fundamente und mit Lehmpisémauern oder mit Wänden aus ungebrannten Steinen in Lehmmörtel auf den Langseiten desselben.

Das Fundament wird etwa 30 *cm* über Terrainoberfläche aufgeführt und die Stärke der Längswände zu 1·0—1·5 *m* angenommen. Letztere werden durch den Brand bald zu einer festen, harten, zusammenhängenden Masse; Risse derselben beseitigt man durch Verstrich mit Lehmmörtel. Die Mauern erhalten in geeigneter Höhe 30 *cm* breite und 47 *cm* hohe, in Entfernungen von circa 60 *cm* von einander angeordnete Oeffnungen, die als Mündungen der Schürgassen dienen. Die Wände bieten den äusseren Steinen Schutz gegen Lufteinwirkung, gewähren ein besseres Durchbrennen der Waare, ermöglichen die Anordnung eines Daches zum Schutze der aus lufttrockenen Steinen gebildeten Ofendecke gegen Regen, erleichtern das Einsetzen der Ziegel und vermindern den Bruch. Solche Feldöfen, die sich den ständigen offenen Brennöfen nähern, empfehlen sich jedoch nur dann, wenn das Thonlager so ergiebig ist, dass seine Ausbeute eine Reihe von Jahren erfordert.

b) *Offener Ziegelofen*. Einen Querschnitt desselben zeigt Figur 129. Der Brennraum ist *allseitig* mit Wänden umschlossen, oben aber offen oder mit einem festen oder nur transportablen Dach mit Oeffnungen für den Rauchabzug überdeckt. In der abzupflasternden Ofensohle werden 0·25 bis 0·30 *m* breite Schürgassen theilweise ausgespart, theilweise aus lufttrockenen Ziegeln, mitunter auch ganz aus letzteren gebildet. Die zwischen den Schürgassen liegenden, 0·60—0·90 *m* breiten Bänke werden ebenfalls aus ungebrannten Steinen hergestellt. Die Abmessungen der Schürgassen und Bänke

Die offenen Ziegelöfen erhalten, wenn die Schürgassen nur auf einer Seite liegen, je nach der Wahl des Brennstoffes eine Breite von 2·5—3·5 *m*; befinden sich die Schürgassen jedoch an beiden Langseiten, so wählt man die Ofenbreite doppelt so gross. Die Ofenhöhe beträgt 3·0—4·5 *m*, die Anzahl der Schüren bis sechs; die Ofenlänge richtet sich nach der Zahl der auf einmal zu brennenden Ziegel. Gewöhnlich giebt man dem Ofenraum solche Abmessungen, dass er zum Brennen von 30.000—50.000 Steinen ausreicht. Theilt man ihn durch eine Mittelmauer in zwei Theile, so erreicht man den Vortheil, dass der eine Theil mit frischer Waare beschickt werden kann, während sich der andere noch in Brand befindet; auch bleibt dann die Trennungswand während des ganzen Betriebes warm und giebt Wärme an die entleerte Ofenabtheilung ab.

In einem offenen Ofen wird die vom Brennstoff erzeugte Wärme nur mangelhaft ausgenutzt, der Brand wird also theuer; ferner büssen die untersten Steinschichten, die nicht nur der grössten Hitze und den unmittelbaren Angriffen des Feuers ausgesetzt sind, sondern auch noch den grössten Druck von den über ihnen lagernden Steinen zu erleiden haben, ihre regelmässige Gestalt ein, und endlich werden, wenn das Feuer bei ungünstigem Winde nach der einen Seite getrieben wird, die hier liegenden Steine leicht zum Schmelzen gebracht, während die auf der entgegengesetzten Seite lagernden ungar bleiben. Ein offener Ofen kann daher zu Neuanlagen nicht empfohlen werden; er wird jedoch noch heute vielfach in kleineren Ziegeleien benutzt.

c) Geschlossener Ziegelofen. Derselbe ist dem vorigen ähnlich, nur ist der Brennraum durch ein schräg abgepflastertes Gewölbe überdeckt, welches zur Abführung der Rauchgase schlitzartige Oeffnungen besitzt. Figur 130 zeigt den Querschnitt eines solchen, durch eine Mittelwand in zwei gleiche Theile getheilten Ofens. Das Einsetzen der Steine und die Befeuerung des Ofens erfolgt in gleicher Weise wie beim offenen Ofen, auch gelten hier dieselben Maasse für die Schürgassen sowie für die Länge, Breite und Höhe des Brennraumes. Die Luft tritt bei diesem Ofen auch vom Aschenfall aus durch die mit Oeffnungen versehene Sohle in den Brennraum ein. Der geschlossene Ofen gewährt vor dem offenen den Vortheil des besseren Zusammmenhaltens der Flamme, so dass sich der Brand um mindestens ein Viertel billiger stellt.

d) Ziegelofen mit unter Zwang gestellter (überschlagender) Flamme. Figur 131. Bei dieser Construction wird der Brennstoff ausserhalb des Ofens auf Rostanlagen verbrannt, welche durch senkrechte Wände vom eigentlichen Brennraum getrennt sind. Die in die Höhe gestiegenen Verbrennungsgase werden durch den mit der Ofenanlage verbundenen Schornstein gezwungen, von oben nach unten hin den Einsatz zu durchstreichen; sie ziehen durch einen in der Ofensohle liegenden und zum Schornstein führenden Canal ab. Dieser Ofen besitzt vor dem vorigen mannigfache Vorzüge: zunachst wird eine unmittelbare Berührung des Einsatzes mit der Stichflamme vermieden, sodann erhalten die obersten Steinschichten, welche der grössten Hitze ausgesetzt sind, keinen Druck von überlagernden Ziegeln, so dass sie ihre Form beibehalten, ferner lässt sich der Luftzutritt zum Feuer gut regeln und endlich liefert der Ofen bei sachgemässer Bedienung eine gute Waare. Als Nachtheil ist anzuführen: die Ungleichmässigkeit des Brandes bei grossen Einzelöfen und die ziemliche Kostspieligkeit desselben.

e) Kasseler Ziegelflammofen. Dieser viel verbreitete Ofen wird meistens als Doppelofen mit gemeinschaftlichem Schornstein erbaut. Die Figuren 132—138 stellen einen derartigen Ofen im Grundriss, Längenschnitt, Aufriss und Querschnitt dar. An der einen Schmalseite des langgestreckten Ofens befindet sich der Feuerraum *a a*, welcher die ganze Ofenbreite einnimmt und für jede Ofenabtheilung zwei oder drei Schüröffnungen erhält. Die Rostfläche *d d* reicht noch in letztere hinein; ihre Grösse wird nach dem Inhalte und der Grundfläche des Ofens, nach der Beschaffenheit des Brenngutes und des Brennstoffes, sowie nach der Brenntemperatur bemessen. Von der Rostgrösse hängt der Querschnitt der Feuerzüge und des Schornsteins ab; der Schornsteinquerschnitt soll gleich der Summe der Rostspalten-Querschnitte sein. Der Rost wird durch die Schürlöcher *b b* beschickt, die durch einfache Schiebethüren verschlossen werden (Fig. 138), welche einen eisernen, mit hochkantig gestellten Ziegeln ausgemauerten und zur Verhütung der Durchbiegung mit zwei durchlaufenden Splinten ausgestatteten Rahmen besitzen. Die Splinte sind oben mit Oesen zur Aufnahme der Aufzugsketten versehen; die Ketten bewegen sich über einen Mauerhaken; zur Seitwärtsbewegung dient ein am unteren Rahmenstück angeschmiedeter Haken. Sobald der Ofen voll mit Steinen ausgesetzt ist, werden die Thüröffnungen vermauert. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 428.)

Die Roste, auf denen das Feuer entzündet wird, erhalten die zur Verbrennung nöthige Luft aus eigenen, regulirbar eingerichteten Luftschächten *cc*, die mit dem Aschenfall in Verbindung stehen (siehe Fig. 133 und 135). Der Aschenraum wird oftmals so hoch angelegt, dass man eine Karre in denselben hineinfahren und mittelst derselben die Asche bequem entfernen kann; zu diesem Zwecke erstreckt sich der Aschenraum auf die ganze Breite des Ofens und erhält nach einer Seite eine schräge Ausfahrt. Der Feuerherd ist vom Brennraum durch eine, gewöhnlich aus feuerfesten Steinen aufgeführte und mit Oeffnungen versehene Mauer *e e* getrennt, die zur Verhütung eines Umkantens beim Brennen unten $1\,^1/_2$ Stein, in der Mitte 1 Stein stark und oben $^1/_2$ Stein stark gemacht wird, so dass ihr Schwerpunkt ziemlich tief

und zur Beschleunigung der Abkühlung der gebrannten Waare dienen. Der Ofen erhält eine Breite von 3·2—3·8 *m*, eine Höhe bis 3·4 *m* und eine Länge von 5—7 *m*; in der Nähe des Schornsteins wird der Brennraum durch Einziehen der Seitenwände und Senken des Gewölbes verengt. Der Schornstein ist meistens in einer Höhe von 8—10 *m* ausreichend. Das aufgehende Mauerwerk der Wände wird innen mit $1^1/_2$ Stein starken, scharfgebrannten Ziegelsteinen in einem guten Verbande in Lehmmörtel aufgeführt und zwischen dem äusseren und inneren Mauerwerk eine Isolirschicht angelegt; ausserdem wird die Ofenwand gewöhnlich noch durch Strebepfeiler gestützt. In den beiden Längswänden werden in der Nähe des Schornsteines Oeffnungen *gg* zum Ein- und Auskarren der Ziegel gelassen, welche man nach dem Beschicken des Ofens bis auf eine kleine Oeffnung zur Beobachtung des Feuers vermauert; letztere wird während des Brandes mit einem Stein geschlossen gehalten.

Das Einsetzen der Steine erfolgt am besten nach dem Stromschichtenverband, so dass sich die einzelnen Steinschichten spitzwinkelig schneiden; die Ziegel werden mit den für den Durchzug der Verbrennungsgase nothwendigen Zwischenräumen verlegt. Auf der Ofensohle werden aus den zu brennenden Steinen mehrere Canäle hergestellt. Der dem Feuerraume, beziehungsweise der durchlochten Feuerwand am nächsten liegende, also der stärksten Glut ausgesetzte Einsatz wird schärfer gebrannt als der in der Nähe des Schornsteines liegende, weil es trotz der Verkleinerung des Ofenquerschnittes nach dem Schornstein hin nicht zu erzielen ist, dass im ganzen Brennraum eine gleichmässige Hitze herrscht. Aus diesem Grunde ist es zu empfehlen, den Einsatz so zu ordnen, dass in der Nähe der Feuermauer die Klinker, in der Mitte des Brennraumes die gewöhnlichen Mauersteine und in der Nähe des Rauchabzuges nur dünnwandige Waaren (z. B. Dachziegel oder Drainröhren) lagern.

Die Vortheile des Kasseler Flammofens bestehen in der Möglichkeit, die verschiedensten Brennstoffe verwenden zu können, in der Verhinderung einer Beschädigung des Einsatzes durch schnellen Temperaturwechsel und einer Verunreinigung der Steine durch Asche und Schlacken, in der Verminderung des Verlustes an brauchbarer Waare, in der Ersparung an Brennstoff wegen der Möglichkeit einer guten Regelung des Luftzuges u. s. w. Als Nachtheile sind anzuführen: die Unmöglichkeit eines ununterbrochenen Betriebes, die Umständlichkeit in der Bedienung (wegen des Oeffnens und Schliessens der vielen kleinen Löcher im Gewölbe u. s. w.) und die Unmöglichkeit eines gleichmässigen Brennens des ganzen Einsatzes. Immerhin muss man den Kasseler Flammofen zu den besten periodischen Brennöfen rechnen.

f) Englischer Röhrenofen. Das Brennen der Drainröhren kann zwar in jedem Ziegelofen (z. B. in dem Kasseler Ziegelflammofen) vorgenommen werden, jedoch lässt sich eine Ersparniss an Brennstoff erzielen, wenn man für ihren Brand eigene Oefen benutzt. Einen recht empfehlenswerthen Röhrenofen hat Parkes construirt. Dieser sogenannte englische Röhrenofen, dessen Grundriss Figur 139 und dessen Querschnitt Figur 140 zeigt, ist kreisrund; er besitzt einen Durchmesser von 4 *m*, eine Wandhöhe von 2·20 *m* und eine Gewölbehöhe von 2·50 *m*. Die Roste der Feuerungen *a* sind aus feuerfesten Stoffen gebildet und mit Aschenfällen *b* versehen. Das Gewölbe besitzt mehrere Zuglöcher *f* und im Scheitel eine grössere Oeffnung *g*

von welcher aus die letzten Röhren eingesetzt werden. Letztere werden auf einer aus Ziegelsteinen aufgeführten Unterlage *Z* aufgebaut und zwar derart, dass die weiteren Röhren unten, die engeren oben stehen. Das Einsetzen der Röhren geschieht durch eine seitliche Oeffnung in der Ofenwand, die nach dem Beschicken des Ofens vermauert wird. Der Brennstoff wird durch die Oeffnungen *c* eingeführt und auf den Rosten entzündet. Die Ofenwand wird zur Erhöhung ihrer Haltbarkeit mit starken Eisenreifen *e* gebunden und durch Strebepfeiler *d* gestützt. Dieser Ofen kann 12.000 Röhren verschiedener Weite und Länge fassen und bedarf zum Brennen derselben etwa 2700 *kg* Kohlen; der Brand dauert 2—$2^{1}/_{2}$ Tage.

Noch zu erwähnen ist die von L. Derbsch empfohlene Verbesserung des Kasseler Ziegelflammofens durch Anordnung eines Vorschmauchcanals in der Mitte der Stirnwand (siehe Wagner's »Jahrbuch« 1890, S. 813 und Patentschrift Nr. 41.272), sodann der Etagenofen (siehe Förster's »Bauzeitung« 1850, S. 251), ferner der Ofen mit überschlagender Flamme von Ramdohr in Gotha (siehe »Thonindustriezeitung« 1885, Nr. 46), weiter der Flammziegelofen mit Heizkammern von Höniger in Neustadt a. S. (siehe Neumann, »Bau der Ziegelbrennöfen«, Berlin 1866), sodann der Ofen mit überschlagender Flamme von Mensing in Zwickau sowie von Augustin in Lauban, endlich der Gilly'sche Torfofen (siehe Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, 1884, Bd. IV., S. 505) und der Grossmann'sche Patentofen.

II. Continuirlich betriebene Brennöfen.

Die Ziegelöfen mit ununterbrochenem Brande finden ihrer vielen Vorzüge wegen immer mehr und mehr Verbreitung. Bahnbrechend waren die Constructionen von Hoffmann und Licht. Der von Frd. Hoffmann im Jahre 1858 erfundene Ringofen galt lange Zeit trotz mancher Nachtheile als der vollkommenste Brennofen und wurde allein in Deutschland auf mehr als 3000 Ziegeleien erbaut. Heutzutage, nachdem es gelungen ist, ihn wesentlich zu verbessern, wird er in seiner ursprünglichen Construction bei Neu-

schlossen, werden ferner alle Eingangsthüren, mit Ausnahme der in Abtheilung 1, und alle Rauchcanäle, mit Ausnahme des in Abtheilung 12, geschlossen und denkt man sich im Schornstein eine aufsteigende Luftsäule, so wird ein Luftzug entstehen, welcher aus der Atmosphäre von aussen durch die geöffnete Thür in den Brenncanal tritt, diesen in seiner ganzen Länge von Abtheilung 1—12 durchstreicht und durch den geöffneten Rauchcanal der Kammer 12 in den Fuchs und aus diesem in den Schornstein gelangt. Ist nun der ganze Brenncanal mit Steinen besetzt und nimmt man an, dass in den Abtheilungen 1—6 bereits fertig gebrannte und in der Abkühlung begriffene Ziegel lagern, in Abtheilung 7 gerade der Garbrand vollzogen wird und in den Abtheilungen 8—12 sich die noch ungebrannte, dem Schmauchprocess unterworfene Waare befindet, so streicht die in Abtheilung 1 eingetretene kalte Luft über die warmen Steine der Kammern 1—6 hin, wobei sie dem Einsatz Wärme entzieht und selbst erwärmt wird, gelangt dann genügend vorgewärmt nach Kammer 7, speist hier das Feuer, durchzieht hierauf die Kammern 8—12, giebt an die noch ungebrannten Steine ihre Wärme allmälig wieder ab, so dass die Steine von dem in ihnen mechanisch oder chemisch gebundenen Wasser gänzlich befreit und gut vorgewärmt werden, und entweicht durch den offenen Rauchcanal in den Schornstein.

Der ununterbrochene Betrieb des Ringofens ist folgender. Die Kammer 1, in welcher sich die genügend abgekühlten, gargebrannten Steine befinden, wird entleert und hierauf mit frischer Waare besetzt. Sobald dies geschehen ist, schliesst man die Thür dieser Kammer, öffnet die Thür der Kammer 2, setzt zwischen beide Kammern den Schieber ein, öffnet den Rauchcanal der Kammer 1 und schliesst den der Kammer 12. Die Vorwärmung der Steine beginnt dann in Kammer 1, der Garbrand rückt um eine Kammer, nämlich von 7 nach 8 vor, die Steine in den Kammern 7—2 werden abgekühlt. Hierauf wird Kammer 2 entleert und neu beschickt, sodann ihre Thür geschlossen, Thür 3 geöffnet, zwischen 2 und 3 ein Schieber eingesetzt, der Rauchcanal 1 geschlossen und der der Kammer 2 geöffnet. Der Garbrand erfolgt dann in Kammer 9, die Vorwärmung beginnt in Kammer 2, die Abkühlung endigt in Kammer 3 — und so schreitet der Brand von Kammer zu Kammer durch den ganzen Ringcanal fort. Es befindet sich also eine Kammer in der Entleerung, beziehungsweise Beschickung, eine Kammer im Garbrand, eine Reihe von Kammern in der Vorwärmung und der Rest in der Abkühlung.

Durch diese Einrichtung werden mannigfache Vortheile erreicht. Zunächst wird dadurch, dass die zur Verbrennung nothwendige Luftmenge vorgewärmt zum Feuer gelangt, eine vollkommene Verbrennung und eine grössere Hitze erzielt und an Brennstoff erheblich gespart, und zwar beträgt diese Ersparniss $^1/_2$—$^2/_3$ gegenüber dem Brennstoffverbrauch der periodischen Oefen. Sodann erfolgt die Entfernung der Feuchtigkeit aus den lufttrockenen Steinen ohne besondere Feuerung durch die abziehenden Verbrennungsgase; es wird also die Wärme möglichst vollständig ausgenutzt. Ferner kann man jeden beliebigen, also auch minderwerthigen Brennstoff zur Feuerung benutzen. Weiter werden die Steine durch die Verbrennungsgase vorgewärmt und vollständig ausgetrocknet und dadurch gegen Entstehung von Rissen und Sprüngen durch Dampfbildung und gegen ungleichmässiges Schwinden geschützt, wenn sie der Glut ausgesetzt werden.

Endlich ist der Betrieb ein sehr einfacher, weil dieselbe Arbeit regelmässig wiederkehrt, und ein ununterbrochener, weil Einsetzen, Schmauchen, Vorwärmen, Brennen, Abkühlen und Auskarren gleichzeitig stattfinden, auch ist die Befeuerung, die in sehr kurzen Zwischenräumen und regelmässig erfolgt, leicht zu bewirken. Demnach stellt der Ringofen gegenüber allen vorher besprochenen Brennöfen eine gewaltige Verbesserung dar.

Der Ringofen wird auf möglichst trockenem Untergrunde erbaut und durch eine Isolirschicht *n* (Fig. 143) gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit sorgfältig geschützt, weil sonst die Verbrennung auf der Sohle eine sehr mangelhafte sein würde. Die Construction der Isolirschicht richtet sich nach der Beschaffenheit des Erdbodens. Die früher viel verwendeten Isolirungen mit Asphalt-, Cement-, Glas- oder Metallplatten haben sich nicht bewährt, denn sie besassen keine Haltbarkeit. Gut bewährt hat sich ein Netz von Canälen, die auf einer Sandschicht angelegt und mit dem gewöhnlichen Ofenpflaster überdeckt sowie mit dem Schornstein verbunden werden. Um das ganze Ofenfundament legt man zweckmässig einen, mindestens 1 *m* tiefen, aus Ziegeln gemauerten Canal zur Abführung des Tagewassers an. Ein Versenken des ganzen Ringofens in die Erde, um an Baukosten zu sparen, empfiehlt sich nicht, weil der Betrieb durch Grundwasser beeinträchtigt werden kann und das Einsetzen und Ausziehen der Steine, das dann durch Oeffnungen des Ofengewölbes erfolgen muss, recht unbequem ist.

Die als Stütze für das Gewölbe und die Innenmauer dienende, mindestens einen Stein starke Aussenmauer (Futtermauer) wird zweckmässig geböscht (unter einem Winkel von 25—30°) und mit senkrecht zur Böschung laufenden Steinschichten angelegt. In derselben Richtung setzen sich die Steinschichten in den sogenannten Strebezungen fort, die ebenfalls mindestens einen Stein stark hergestellt und in Entfernungen von 1—1·5 *m* mit der Aussenmauer in Verband gemauert werden, sowie senkrecht auf die Aussenwand des Brenncanales, von der sie durch Trockenfugen getrennt werden, stossen und zwischen sich eine Isolirung *o p* (Fig. 142) besitzen, die aus trockenem, in dünnen Lagen eingebrachten und festgestampften Sand oder Asche besteht. Die zum Rauchsammelcanal *d* führenden Rauchabzüge (Füchse) *b* erhalten nur $^1/_2$ Stein starke Seitenwände und werden mit $^1/_2$ Stein starken Tonnengewölben überdeckt, die mit Sand überschüttet oder besser regelrecht hintermauert werden. Geschieht letzteres, so wählt man die Widerlagsmauern etwas stärker. (Siehe den Aufsatz von Eckart im »Notizblatt des deutschen Vereines für Fabrikanten von Ziegeln u. s. w.«, 1876, Heft IV.) Die Aussenmauern werden durch drei eiserne oder hölzerne Ringe *s* verankert und die Innenwände mit feuerfesten Steinen verblendet. Damit die Mauer in ihrer vollen Stärke dem Seitenschub des Ofengewölbes widerstehen kann, reicht die Isolirschicht, welche gegen Verlust durch ausstrahlende Wärme, gegen Rissbildungen und gegen Eindringen von Nebenluft in den Brenncanal möglichst schützen soll, nur bis etwa 30 *cm* unter das Gewölbe. Zur Vermeidung von Rissen werden auch noch Trockenfugen an geeigneten Stellen im Mauerwerk angelegt. Gewölbe, Heizschächte und Rauchcanäle stellt man gewöhnlich aus Formsteinen her.

Die Kammern *a* macht man gewöhnlich nur 2·5 *m* im Lichten hoch, so dass das Einsetzen leichter ist als bei periodisch betriebenen Brennöfen. Die Länge des Brenncanales beträgt bei den kleineren Ringöfen etwa 40 *m* (10 bis

12 Kammern von je 3—4 *m* Länge); besser sind Oefen mit zwölf und mehr Kammern von je 4—5 *m* Länge, weil sich die Brennkosten bei einem längeren Ofencanal billiger stellen als bei einem kürzeren und der längere Canal auch das Einsetzen von nicht vollständig lufttrockenen Steinen gestattet.

Der am zweckmässigsten aus Formsteinen und mit kreisförmigem Querschnitt zu erbauende Schornstein *f* wird bei kreisförmigen Ringöfen in die Mitte gestellt, bei länglich gestalteten ausserhalb derselben oder in die Mitte ihrer Längsachse; letztere Stellung ist die bessere, weil das Herabziehen der Verbrennungsgase bis unter die Ofensohle nur mit einem recht beträchtlichen Verluste an Zugkraft bewirkt werden kann. (Siehe Bock, a. a. O., S. 282.) Zur Erzeugung des erforderlichen starken Zuges ist ein hoher Schornstein nothwendig; bei kleineren Ringöfen genügt meistens eine Schornsteinhöhe von etwa 30 *m*. Um einen sehr hohen Schornstein zu vermeiden und mit einer möglichst geringen Höhe auszukommen, wird der Schornstein mit Doppelwänden versehen, die fast bis zum Kopf reichen und den Schornstein gegen Abkühlung (durch die isolirende Luftschicht) besser schützen. Hat der Schornstein noch die Verbrennungsgase einer Dampfkesselfeuerung aufzunehmen, so wird von letzterer nach dem Schornstein ein Canal *g* angelegt, welcher unter der Ofensohle entlang geführt wird und in den Rauchsammelcanal einmündet. Mit dem Schornstein ist der Rauchsammelcanal *d* durch vier Canäle verbunden. Letzterer erhält eine Breite von 1—2 *m* und eine Höhe von 1·5—1·7 *m*, um ihn behufs Reinigung und Vornahme von Ausbesserungen an den Glockenventilen begehen zu können. In diesen Rauchsammler, welcher durch ein mit eisernem Deckel oder mit einer Sandsteinplatte gut verschlossenes und durch Sand noch besonders gedichtetes Mannloch *h* von oben her von Flugasche u. s. w. gereinigt werden kann, mündet aus jeder Ofenkammer ein Rauchabzugscanal (Fuchs) *b* von 0·30—0·60 *m* Breite und etwa 0·80 *m* Höhe, welcher nach unten um etwa 0·90 *m* geneigt und dann wieder nach aufwärts ansteigend angelegt wird. An der tiefsten Stelle findet dann die Ansammlung des Condensationswassers statt, welches sich von hier leicht entfernen lässt. Der Rauchabzugscanal *b* wird vom Rauchsammler *d* durch ein gusseisernes, 0·50—0·70 *m* hohes, kegelförmiges, durch Sandschüttung gedichtetes Glockenventil (Rauchglocke) *e* (Fig. 147) möglichst luftdicht abgeschlossen, dessen Stange, die durch eine Führung in der Decke des Rauchsammelcanales aufragt, mittelst Hebezeug senkrecht auf- und niederbewegt werden kann. Es lässt sich also jede Kammer mit dem Schornstein verbinden oder von ihm absperren. Ein grosser Nachtheil dieser Glockenventile ist ihre geringe Haltbarkeit und die Schwierigkeit, sie dauernd dicht halten zu können.

Zur Beseitigung des letzteren Uebelstandes wurden mancherlei Vorschläge gemacht und z. B. von Th. Link in Ueckermünde ein einfacher Apparat zum Eindichten der Rauchglocken empfohlen, mit welchem man auf jeden Glockenteller nach Belieben Sand bringen kann, ohne den Rauchsammelcanal betreten zu müssen. Näheres über diesen Apparat findet man in »Ziegel und Cement«, 1891, Nr. 1. Mit einer Undichtigkeit der Glocken sind grosse Verluste an Brennstoff verknüpft; man vermeidet dieselben am besten, wenn man eine ganz andere Einrichtung beim Ringofen trifft, nämlich den oberen Rauchabzug der Rauchgase einführt, von dem noch weiter unten die Rede sein wird.

Jede Ofenkammer besitzt eine etwa 1 *m* hohe und 1·5 *m* breite Thür *T* mit doppeltem Verschluss; dieselbe besteht nach innen aus einer mit Lehmmörtel gedichteten Chamotteplatte, nach aussen aus einem schmiedeeisernen Blech (Fig. 144). Gut bewährt haben sich zwei gemauerte, in einem genügenden Abstande aufgeführte (also mit Luftisolirung versehene) Wände; die äussere wird dann erst aufgeführt, wenn die innere genügend ausgetrocknet und wieder nachgestrichen ist; entsteht in der äusseren Wand ein Riss, so ist derselbe sofort mit Lehmmörtel zu verkitten. Die Ofendecke erhält, wenn sich die aufgebrachte Sandschicht genügend gesetzt hat, ein Steinpflaster. Ueber dem Ofen wird, wenn derselbe nur während der wärmeren Jahreszeit im Betrieb ist, ein meistens mit Pappe belegtes, weit überstehendes Dach angeordnet, bei Sommer- und Winterbetrieb dagegen stellt man einen vollständig geschlossenen, zum Trocknen der Steine zu benutzenden Ueberbau her. (Fig. 149 und 150.)

Die Beheizung der Ofenkammern erfolgt von oben durch die im Ofengewölbe in etwa 1 *m* Entfernung reihenweise angeordneten Löcher *l*, die in neuerer Zeit aus, nach der Bogenlinie des Gewölbes geformten, Chamottestücken gebildet und mit gusseisernen Deckeln (Fig. 145) verschlossen werden, welche über ein ebenfalls gusseisernes, in das Heizloch eingesetztes Rohr gestülpt und mit Sand abgedichtet werden. Eine andere Construction zeigt Figur 146; ein zur Aufnahme des Sandes bestimmter Kasten und ein Heizrohr sind aus einem einzigen Stück gegossen und so tief in das Ofengewölbe eingelassen, dass der Deckel die Ofenoberfläche nicht überragt. Diese Construction bietet den Vortheil, dass die Ofendecke ungehindert begangen und befahren werden kann, auch erspart man die beim gemauerten Sandkasten häufig nothwendig werdenden Ausbesserungen. (Siehe: Zwick, a. a. O., S. 444.) Unter den Heizlöchern *l* ist aus den zu brennenden Steinen ein von der inneren Gewölbelaibung bis zur Ofensohle reichender und mit den auf letzterer entlang geführten, ebenfalls aus dem Einsatz hergestellten Canälen verbundener Heizschacht zu bilden, und zwar in der Weise, dass beim Hineinschütten des kleinstückig zu wählenden Brennstoffes der grössere

aus, bedeckt sie mit Rosten und versieht sie mit Schiebern, die ausserhalb verstellt werden können.

Der Abschluss des Ofencanales hinter dem Abzuge der Verbrennungsgase, also die Trennung einer Ofenkammer von der anderen, erfolgt durch Schieber. Früher wurden hierzu Eisenblechschieber benutzt, welche zum Schutze gegen die oxydirende Wirkung der Hitze einen Asphalt- oder Steinkohlentheeranstrich erhielten und von oben, durch im Gewölbe ausgesparte Schlitze mittelst Ketten in Falze der Seitenmauern eingelassen wurden. Da aber durch die Bewegungen des Mauerwerkes Schlitze und Falze verschoben und verdrückt wurden und sich das Einlassen und Wiederaufwinden der Schieber dann sehr schwierig gestaltete, so stellte man diese Blechschieber aus mehreren, in Falze aufeinander passenden Theilen her, die durch die Einkarrthür bequem in die Ofenkammer geschafft werden konnten; der obere Theil wurde mittelst Ketten, die durch zwei im Ofengewölbe hergestellte Oeffnungen gingen, emporgehoben und der untere in ein oder zwei Stücke von keilförmiger Gestalt eingeschoben, worauf man dann den oberen Theil wieder herunterliess; unter dem Gewölbe war gewöhnlich ein Gurtbogen angeordnet, gegen den sich der obere Schiebertheil lehnen konnte (Siehe: O. Bock, a. a. O., S. 281). Sodann hat man auch in neuerer Zeit mit Blech bekleidete, und mit Zinkstreifen versehene Holzschieber benutzt, welche vor den Blechschiebern den Vorzug grösserer Haltbarkeit besitzen, und endlich sogenannte Papierschieber, d. h. Stücke von geeignetem und billigem Rollenpapier, welche meistens mit Lehm an die Wand oder an das Gewölbe oder auch an den Einsatz angeklebt und demnächst mit Haken zerrissen werden, um die Verbrennungsgase in die Kammer eintreten zu lassen, durch welche sie dann verbrannt werden. Sollen die frisch eingesetzten Steine für sich allein geschmaucht werden, so wird die betreffende Kammer durch zwei Schieber von den beiden benachbarten Kammern abgeschlossen.

An dem Hoffmann-Licht'schen Ringofen sind von Hoffmann selbst und anderen Fachleuten die mannigfaltigsten Abänderungen vorgenommen worden, welche Verbesserungen in der Form, an dem Ofencanal und allen seinen Einzelheiten (Gewölbe, Sohle, Heizlöchern, Schiebern u. s. w.), am Rauchsammelcanal, Schmauchcanal, Rauchabzugscanal, Schornstein, Mauerwerk und Isolirung, Trockenschuppen über und neben dem Ringofen u. s. w. erstrebten. Einige dieser Verbesserungen sind bereits in den vorstehenden Zeilen erwähnt worden, andere mögen nunmehr noch besprochen werden.

Ursprünglich wurden die Ringöfen kreisförmig gestaltet. Diese Grundrissform ist für kleinere Oefen die zweckmässigste; sie gestattet eine gleichmässige Ableitung der Heizgase, bietet aber im Bau und im Betrieb mannigfache Schwierigkeiten. Bei grösseren Anlagen werden jetzt allgemein die länglichen Oefen mit zwei parallelen und zwei halbkreisförmigen oder vieleckigen Seiten bevorzugt. Solche Oefen sind z. B. von Paul Loeff mehrfach erbaut worden. Es kommen aber auch rechteckige, quadratische und elliptische Oefen vor, ferner doppelte kreisrunde Oefen, welche einen zweiten, gewöhnlich zum Kalkbrennen benutzten Brenncanal in dem Raum zwischen Schornstein und Ofencanal besitzen, der von oben her beschickt werden muss; diese Anordnung besitzt den Nachtheil, dass das Feuer zu schnell in den inneren Brenncanal streicht und eine zu hohe Glut erzeugt wird. Auch Oefen mit drei concentrischen Brenncanälen sind zur Ausführung gekommen, ferner

Doppelöfen mit zwei hintereinander liegenden Kammern in einem einzigen Ofencanal u. s. w.

Statt des Schornsteines benutzt man in England vielfach zur Beschaffung der zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge einen Exhaustor oder ein Gebläse.

Früher stellte man die Wände des Brenncanales senkrecht her und bedeckte dieselben mit einem halbkreisförmigen Gewölbe. Da sich solche Wände aber fast immer durchbogen und vielfache Ausbesserungen beanspruchten, so bildet man neuerdings den Brenncanal tunnelförmig, wie dies Figur 149 zeigt.

Da bei Ausdehnungen des Mauerwerkes leicht Risse an den runden Kopfenden des Ofens entstehen, so empfiehlt es sich, die Uebergänge von der einen Langseite des Ofens zur andern eckig zu gestalten.

Die neueren Ringöfen besitzen Heizlöcher in grösserer Zahl, jedoch von geringerem Querschnitt als früher; hierdurch wird eine bessere Vertheilung des Brennstoffes und in Folge dessen auch ein gleichmässigerer Brand erzielt.

Die sich auf ihrem Wege von der in Glut befindlichen Kammer bis zu der frisch beschickten beim Trocknen der Steine mit Wasserdampf sättigende Luft schlägt letzteren auf die noch kalten Steine grösstentheils nieder, auf deren Oberfläche sich der Wasserdampf condensirt. Dieses Wasser wird wieder verdampft und fortgeführt, wenn beim Vorrücken der Glut im Brenncanal heissere Feuergase auf den Einsatz einwirken, und es bleibt ein feinvertheilter Niederschlag der in den Verbrennungsgasen vorhandenen mineralischen Bestandtheile zurück und erzeugt einen weisslichen oder mehr schmutzigen Anflug (die gefürchtete Anschmauchung und Verfärbung), der umso stärker auftritt, je aschenreicher der Brennstoff ist. Wurde dieser Uebelstand nicht beseitigt, so liess sich durch den Ringofen zwar ein billiger Brand, keinenfalls aber eine bessere Waare erzeugen. Das Niederschlagen der Wasserdämpfe suchte man durch genügende Luftzuführung zu verhindern, indem man den frischen Einsatz in einer, mit 2 Schiebern vom übrigen Brenn-

Rauchgase, sondern durch erwärmte reine Luft ausgetrocknet werden. Früher legte man den Schmauchcanal oben zwischen den Hintermauerungen des Brenncanales und Rauchsammlergewölbes an als einen in sich selbst zurückkehrenden Canal, in neuerer Zeit dagegen wird derselbe als einfacher Canal unmittelbar über dem Rauchsammler in der Mittelwand hergestellt. Der Schmauchcanal erhält so viele Klappen von der in Figur 148 dargestellten Form, als der Ringofen Kammern besitzt, und wird mit den einzelnen, durch zwei Schieber abgetrennten Kammern durch halbrunde, an den Enden geschlossene, je eine Reihe von Heizlöchern sowie eine entsprechende Oeffnung im Schmauchcanal bedeckende Blechkästen verbunden, so dass die warme Luft aus der in Abkühlung begriffenen Abtheilung des Brenncanales vom Ofengewölbe durch den Schmauchcanal nach der abzuschmauchenden Kammer gelangen kann; dieselbe durchstreicht dann den Einsatz und entweicht durch den Fuchs u. s. w. nach dem Schornstein. Durch den oberen Schmauchcanal allein lässt sich bei Oefen mit grösserem Brenncanal nicht immer und besonders nicht in den unteren Theilen des Ofens ein gleichmässiges Austrocknen und Vorwärmen des ganzen Einsatzes erreichen, deshalb ordnet man häufig noch einen zweiten Schmauchcanal unten zwischen den Fundamenten der äusseren Ofenwand und denen der Futtermauer, bei bereits stehenden Ringöfen auch ausserhalb derselben an oder benutzt neben dem oberen Schmauchcanal noch Schmauchfeuer in den Thüröffnungen. Hierdurch lässt sich die Schmauchkammer gleichmässig erwärmen und das Abschmauchen des Einsatzes ohne Erzeugung von Schmauchanflügen oder ohne sonstige Uebelstände bewirken. Bei Vorhandensein von Grundwasser kann aber der untere Schmauchcanal nicht angelegt werden; es würden dann Wasserdämpfe statt Wärme in die Schmauchkammer eintreten. Wegen dieses Umstandes, und weil die Anlage von Schmauchfeuern in den Thüren die Arbeit des Betriebes vermehrt und den Brennstoffaufwand vergrössert, sowie aus anderen Gründen (z. B. wegen des schweren Dichthaltens der Glockenventile in den Rauchabzugscanälen) hat man neuerdings einen ganz anderen Betrieb beim Ringofen eingeführt. Man hat nämlich die Ringöfen so eingerichtet, dass der Abzug der Rauchgase nicht, wie beim alten Betriebe, naturwidrig im unteren Ofentheil, sondern naturgemäss im oberen erfolgt.

b) Ringofen mit oberem Rauchabzug. Ein solcher wurde zuerst von Siehmon und Rost im Jahre 1879 erbaut. Als Vorzüge dieses Ringofens gegenüber dem mit unterem Abzug der Rauchgase führt O. Bock (a. a. O., S. 317) folgende an: »vollständiges, jede Condensation ausschliessendes Ausschmauchen und hieraus hervorgehende nicht unbedeutende Kohlenersparniss, ein dem Vorrücken des Feuers genau entsprechendes, gleichmässiges Fortschreiten des Schmauchprocesses durch die jedesmalige Hinzunahme nur einer Heizlochreihe, ein Abziehen der Verbrennungsproducte ohne Berührung mit den frisch eingesetzten Waaren, eine grössere Haltbarkeit des Ofens und gleichzeitige Ermässigung der Baukosten.« Somit stellt diese Construction ohne Frage die hervorragendste Verbesserung des Hoffmann'schen Ringofens dar.

Figur 151 zeigt einen Siehmon und Rost'schen Ringofen in isometrischer Darstellung. Derselbe wird meistens mit 12—16 Kammern erbaut, deren jede die täglich zu brennende Waare (3000—20.000 Stück gewöhnliche Mauersteine oder eine entsprechende Zahl Dachziegel, Drainröhren

u. s. w.) zu fassen vermag. Es erhält deshalb der Brenncanal bei den kleineren Oefen eine Länge von mindestens 50 *m* und bei den grösseren eine solche von 80—100 *m*. Sind täglich mehr als 20.000 Steine fertig zu brennen, so ist es nach Bock, welcher diese Oefen baut, empfehlenswerth, mehrere Ringöfen oder einen einzigen Ofen mit mehreren Feuerungen und ebenso vielen getrennten Betrieben zu benutzen. Beträgt die Tagesleistung weniger als 3000 Steine, so verwendet man mit Vortheil periodische oder halbcontinuirliche Partial-Ringöfen (siehe *c*).

Bei diesen Ringöfen mit oberem Rauchabzug sind alle Glocken, Ventile, Schmauchcanäle, Regulirungsklappen u. s. w. überflüssig und es besteht der Ofen nur aus zwei parallellaufenden, an den Kopfenden sich vereinigenden Brenncanälen und einem, in der Mittelwand liegenden, von allen Seiten mit Sand isolirten und an dem einen Ende mit dem Schornstein in Verbindung stehenden Rauchsammler. In der Ofenbreite sind drei Heizlöcher und auf dem Ofen vier bis sechs transportable Eisenblechröhren angeordnet, welche die einzelnen Heizlochreihen mit dem Rauchsammelcanal verbinden und mit den Heizlöchern zur Abführung der Rauch- und Schmauchgase dienen. Wird ein solches Abzugsrohr fortgenommen, so wird an der betreffenden Stelle eine vollständige Trennung zwischen Brenncanal und Rauchsammler herbeigeführt.

Dem Betrieb des Ringofens schliesst sich die von O. Bock erfundene Methode des Rückwärtsschmauchens genau an. Der Erfinder theilt hierüber in seiner Broschüre (vom Juli 1896, S. 3) Folgendes mit: »Das Rückwärtsschmauchen beruht darauf, dass die Rauch- und Schmauchgase nicht wie bisher in unmittelbarer Nähe des Papierschiebers abgezogen werden, sondern dass zwischen letzterem und dem Rauchabzuge zwei bis drei der frisch eingesetzten Abtheilungen sich im Schmauchen befinden. Die durch Flugasche und sonstige Verbrennungsproducte verunreinigten Rauchgase werden also nicht durch den feuchten Einsatz hindurchgezogen, sondern verlassen den Ofen ohne mit unvollständig ausgetrockneter Waare in Berührung gekommen zu sein, wodurch die Entstehung von Schmauchanflug vermieden wird. Auch die Condensation der freigewordenen Wasserdämpfe des eigentlichen Schmauch-

jeder Stelle quer über den ganzen Ofen hinweg die Rauch- und Schmauchgase absaugen kann«.

In Figur 151 ist auch ein Theil der über dem Ringofen angeordneten Trockenanlage sichtbar, wobei die Balken über dem Ofen und sämmtliche Trockengerüste fortgelassen sind.

c) Partial-Ringöfen. Handelt es sich um die Neuanlage einer Ziegelei, die im Anfange auf einen starken Absatz ihrer Waaren nicht rechnen kann, oder ist der Betrieb einer Ziegelei ein so kleiner, dass ein ganzer Ringofen mit zwölf und mehr Kammern nicht voll besetzt werden kann, so empfiehlt sich die Benutzung eines Partial-Ringofens mit wenigen Kammern. Figuren 152 und 153 zeigen einen solchen von O. Bock mehrfach ausgeführten Ofen, welcher an einem Ende eine Heizmauer mit Rostfeuerung, am anderen eine Schlusswand mit Sohlöffnungen besitzt, hinter denen der Abzug der Verbrennungsproducte nach dem Schornstein erfolgt. Dieser Ofen ist nicht zur Vergrösserung bestimmt. Das Einsetzen der zu brennenden Waaren geschieht in gleicher Weise wie beim Ringofen und das Brennen anfangs von der Rostfeuerung aus, später, wenn die Glut genügend weit vorgeschritten ist, durch Heizlöcher in der Decke des Ofens wie in jedem gewöhnlichen Ringofen.

Figur 154 stellt den Grundriss eines doppelten Partialofens dar, welcher später nach Zunahme des Absatzes zu einem vollständigen Ringofen ausgebaut werden kann. Er unterscheidet sich von dem ersteren hauptsächlich durch die Anordnung einer Mittelwand, in welcher sich der Rauchsammler befindet, und durch den zwischen den Rostfeuerungen beider Brenncanäle angelegten, verschliessbaren Verbindungscanal, durch den die Wärme aus der gargebrannten Ofenabtheilung in die frisch beschickte eingeführt wird. Auch derartige Oefen wurden von O. Bock wiederholt gebaut. Bei ihnen werden also beide Brenncanäle abwechselnd gebrannt, so dass ein halbcontinuirlicher Betrieb entsteht. Man benutzt sie mit Vortheil zum Brennen von Dachziegeln, Drainröhren und anderen besseren Thonwaaren.

Einen anderen Partialringofen für den Kleinbetrieb hat J. F. Rühne construirt, welcher gewissermassen eine Vereinigung des Kasseler Ziegelflammofens und des Ringofens darstellt. Näheres über diesen Ofen findet man in dem Werke von Zwick »Die Ziegelfabrikation der Gegenwart«, S. 460 ff., sowie in der »Baugewerkszeitung« 1875, S. 757.

d) Ringofen mit Unterfeuerung. Ringöfen, welche durch Einschütten des Brennstoffes von oben durch die Heizlöcher in der Ofendecke befeuert werden, besitzen, wie wir bereits früher hervorhoben, den Uebelstand, dass der Einsatz durch Aschen- und Schlackentheile sowie durch unmittelbare Berührung mit der Flamme verunreinigt und verfärbt wird. Um nun die Ringöfen auch zum Brennen von besseren Waaren (Verblendern, Falzziegeln, Formsteinen, Drainröhren u. s. w.) gut geeignet zu machen, hat man dieselben mit Unterfeuerung hergestellt. Bei dem von Bock empfohlenen Ringofen mit oberem Rauchabzug und mit Unterfeuerung sind in der Sohle jeder Kammer drei von aussen zugängliche Rostfeuerungen angelegt, auch ist die Ofensohle selbst derart gebaut, dass eine gleichmässige Vertheilung der Flamme vor ihrem Eintritt in den Einsatz stattfinden muss. Der Brennstoffaufwand ist bei diesen Oefen, weil kalte Luft unter den Rosten zugeführt wird, etwa doppelt so gross als bei den gewöhnlichen Ringöfen. Der Aufbau von Heizschächten aus dem Einsatz fällt ganz fort; das Ab-

schmauchen der frisch eingesetzten Waare wird in bester Weise bewirkt. Dieser Ofen, welcher zuerst von Gilardoni in Altkirch (Oberelsass) ausgeführt wurde, dient hauptsächlich zum Brennen von Falzziegeln, naturfarbigen oder glasirten; nur zur Herstellung der Canäle auf der Ofensohle werden gewöhnliche Mauersteine mit eingesetzt. Näheres über diese Construction findet man in der Broschüre von O. Bock vom Juli 1896, S. 12.

e) Ringofen mit überschlagender Flamme von Diesener (D. R.-P. Nr. 62847). Denselben Zweck (Schutz des Einsatzes gegen Verunreinigungen und Verfärbungen) sucht Diesener dadurch zu erreichen, dass er unter den beiden äusseren Heizlochreihen Heizschächte einbaut und innerhalb derselben aus Chamottesteinen Rostfeuerungen bildet, unter denen er gleichzeitig als Aschenfall dienende Luftzuführungscanäle anordnet, in die seitlich rechts und links die gitterförmigen Sohlcanäle einmünden. Die Flamme steigt ausserhalb des Einsatzes hinter den sogenannten Feuerständen bis zum Gewölbe empor, wird hier mittelst des Schornsteinzuges durch die zu brennende Waare gezogen, durchzieht dieselbe fallend und verlässt die in Garbrand befindliche Abtheilung durch die gitterförmigen Sohlencanäle, um in der nächsten wieder nach oben zu steigen.

f) Ringofen mit besonderen Heizwänden von Hädrich (D. R.-P. Nr. 64543). Man kann auch gewöhnliche Ringöfen zum Brennen besserer Thonwaaren dadurch gut geeignet machen, dass man unter den Heizlöchern, in etwa 2 *m* Entfernung von einander, je zwei Wände einbaut, welche aus je einem halben Stein starken Mauern aus Chamottesteinen bestehen, zwischen denen ein Treppenrost angelegt ist. Auf diesem Treppenrost werden die Steinkohlen verbrannt, so dass Asche und Schlacken in dem engen Zwischenraum zwischen beiden Querwänden zurückbleiben. Die heisse Verbrennungsluft strömt durch die Oeffnungen der zweiten Querwand in die zu befeuernde Kammer, umspült dort den Einsatz, zieht dann durch die thürartige Oeffnung der ersten Wand der nächsten Feuerstelle in den Brennraum hinein, bestreicht den ganzen auf dem Treppenrost liegenden Brennstoff, tritt dann durch die Oeffnungen der zweiten Wand in die nächste Kammer und so fort. Bei Verwendung der Hädrich'schen Heizwände findet also kein Durchstreichen der Feuergase zwischen den Thonwaaren, sondern nur ein Umspülen des ganzen Einsatzes statt, wobei letzterer durchaus farbenrein und gleichmässig gebrannt wird. Fast der ganze Einsatz kann aus besseren Thonwaaren, sowohl unglasirten als auch glasirten, bestehen, weil nur die auf der Ofensohle herzustellenden Canäle aus gewöhnlichen Mauersteinen gebildet werden. Die Figuren 155—158 zeigen eine solche Heizwand in Ansicht und Grundriss.

g) Canalofen von O. Bock (Fig. 159—163). Ein 50—60 *m* langer, geradliniger, 1·0—1·5 *m* breiter und 1·0—1·4 *m* hoher, aus Bruchstein- oder Ziegelmauerwerk aufgeführter und innen mit feuerfesten Steinen verblendeter Canal wird von einer, ungefähr in seiner Mitte angeordneten Feuerstelle aus erhitzt. In diesen Canal werden mittelst schmiedeeiserner Rollwagen (gusseiserne haben sich nicht bewährt) die zu brennenden Waaren eingefahren und durch denselben so hindurchgezogen, dass sie allmälig getrocknet (abgeschmaucht) und vorgewärmt, dann an der Feuerstelle gargebrannt und schliesslich abgekühlt werden, so dass sie, wenn sie am anderen Ende des Canales angelangt, unmittelbar verwendbar sind. Das Vorrücken der einzelnen Wagen erfolgt alle 1—2 Stunden, und zwar in der Weise, dass am einen

Ende des Canales ein frisch beladener Wagen hineingeschoben wird, wenn am anderen ein mit gargebrannter und abgekühlter Waare beladener den Canal verlässt. Die Bewegung der Wagen erfolgt mittelst einer durch Hand, Göpel oder Dampfkraft betriebenen Schraube oder durch einen Flaschenzug oder endlich und am besten mittelst einer hydraulischen Presse. Der Betrieb ist also ein immerwährender, weil die Wagen mit Nuthen *o* und Federn *n* (Fig. 162) sowie mit Lehmverstrich luftdicht verbunden sind und aneinandergeschlossen den Ofen in seiner ganzen Länge ausfüllen. Den Verschluss des Ofens bilden zwei an den Canalenden angeordnete, auf Rädern und Schienen laufende Thüren. Die an der Ausfahrtsöffnung angebrachte Thür erhält eine durch Schieber verstellbare Oeffnung zur Regelung des Luftzutrittes. Die eintretende Luft erwärmt sich auf ihrem Wege zur Feuerstelle an der bereits gargebrannten und in der Abkühlung begriffenen Waare ziemlich bedeutend, so dass sie hochtemperirt in den Feuerungsraum gelangt, wodurch eine erhebliche Brennstoffersparniss erzielt wird.

Im Querschnitt (Fig. 163) ist der Canal nach unten hin mit treppenförmigen Absätzen versehen; die oberen tragen gusseiserne Rinnen *a*, die unteren dagegen Schienen *d*, welche durch Schiebebühnen gg^1 aussen mit dem Geleise *e* verbunden sind. Die Ränder *b* am Rollwagen greifen in die mit Sand gefüllten Gusseisenrinnen *a* ein und trennen dadurch den ganzen Ofen luftdicht in zwei Theile, deren oberer als Brenncanal, deren unterer *m* als Trockenraum für den Brennstoff (Kohle) dient. Die Plattform der Wagen wird zur Erhöhung ihrer Dauerhaftigkeit mit zwei Schichten Ziegelsteinen übermauert. Zur Unterhaltung des Feuers wird durch die in der Decke des Canales angebrachten schlitzförmigen Oeffnungen Brennstoff in die glühende, im Brennraum lagernde Masse geschüttet. Diese Heizlöcher treffen stets auf den Zwischenraum zweier aufeinander folgenden Wagen.

Zur Verhütung einer Condensation der Wasserdämpfe bei Berührung derselben mit kälteren Thonwaaren sowie zur Verhinderung des Anhaftens von Flugasche an letzteren ist der Canal in einer gewissen Entfernung von der Einfahrt verbreitert; diese neue Breite behält der Canal bis zu den Schornsteincanälen bei; die ursprüngliche geht aber ebenfalls bis zur Ofeneinfahrt (Fig. 160) und ist nur an der Erweiterungsstelle durch eine abgeschrägte Oeffnung *i* durchbrochen. Ineinandergeschobene Eisenplatten *c* bilden die geradlinige Fortsetzung der beiden Seitenwände des Canales und mit den zurückspringenden Mauern schmale Canäle, welche durch seitlich angeordnete Rauchcanäle *K* mit dem Schornstein in Verbindung stehen. In erstere treten durch die Oeffnungen *i* die Verbrennungsgase sowie die Flugasche ein und gelangen von hier aus durch den Schornsteinzug ins Freie. Beim Durchströmen durch diese kleinen Canäle wird den Feuergasen viel Wärme von den Eisenplatten *c* entzogen und von letzteren an den Einsatz abgegeben, also zum Austrocknen desselben benutzt. Die sich hierbei bildenden Wasserdämpfe werden genöthigt rückwärts zu streichen, passiren demnach den heissesten Theil des Ofens (die Mitte), erwärmen sich hierbei stark und können deshalb nicht zur Condensation gelangen. Um sie schneller zu entfernen, kann man durch Seitenöffnungen des Ofens erwärmte Luft in den Canal einführen. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 474.)

Als Vortheile des Bock'schen Canalofens, der früher viel zur Ausführung gekommen ist, werden angeführt: sehr schnelles Abschmauchen und Abkühlen

des Einsatzes, geringer Brennstoffaufwand, billige Herstellung, bequemes Beschicken und Entleeren, sowie die Möglichkeit, in dem Ofen auch Kalk zu brennen (dann werden die Seitenwände zweckmässig geböscht angelegt). Die Leistungsfähigkeit ist eine nicht unbedeutende, da man je nach der Länge des Canales 7000—12.000 Ziegel pro Tag in diesem Ofen brennen kann. Die Ansicht über den Werth des Canalofens ist bei den Praktikern eine sehr verschiedene; einige haben mit dem Ofen sehr gute, andere jedoch sehr schlechte Erfahrungen gemacht. Zwick führt als grössten Uebelstand des Canalofens die Füllung der Sandrinne *a* mit Kohlenstückchen und Schlacken an, wodurch die Reibungswiderstände der Wagen und die zu ihrer Bewegung nöthige Kraft wesentlich erhöht, die Beschaffenheit der Ziegel (durch heisse Kohlen- und Aschenreste) beeinträchtigt und die Abkühlung der gebrannten Waare verzögert wird. Dieser Uebelstand lässt sich durch Gasfeuerung beseitigen, welche eine rauchlose Verbrennung, sowie eine schnelle und genaue Regelung der Temperatur ermöglicht. Es mag noch erwähnt werden, dass Friedrich Siemens in Dresden sich einen »continuirlichen Tunnelofen mit Gasfeuerung« hat patentiren lassen, welcher Aehnlichkeit mit dem Bock'schen Canalofen besitzt. Ueber den letzteren theilt der Erfinder selbst in seinem hier mehrfach citirten Werke »Die Ziegelfabrikation« sowie in seinem Prospecte merkwürdigerweise nichts mit.

6. Gaskammerofen von Georg Mendheim in München. Die Figuren 164—166 zeigen diese Construction im Grundriss, Quer- und Längenschnitt. Den Ofen bilden zwei parallele, durch den Rauchsammelcanal *K* getrennte und an beiden Enden durch Canäle h_1 und h_2 verbundene Brenncanäle von je neun Kammern. Das Gas wird von zwei ausserhalb des Ofens liegenden Schachtgeneratoren *a* erzeugt, strömt durch die Ventile *b* in den gemauerten Canal *c*, aus diesem, je nachdem das Ventil d_1 oder d_2 geöffnet und das andere geschlossen ist, in den Canal e_1 oder e_2 und dann nach Oeffnen des betreffenden Ventiles *f* in diejenige Ofenkammer, deren Einsatz gargebrannt werden soll. In der Sohle einer jeden Kammer befinden sich viele kleine Oeffnungen, durch welche ein Theil des Gases in den mit Waare

Kammern 9, 10, 11 und 12 des zweiten Brenncanales, deren Einsatz demnach vorgewärmt wird. Die letzte Kammer ist durch kleine Blechschieber von Nr. 13 getrennt; dadurch werden die Feuergase genöthigt, durch das geöffnete Rauchventil *i* in den Rauchsammler *K* zu treten, von welchem sie dem Schornstein *l* zugeführt werden. Ist der Einsatz von Kammer 6 gargebrannt, so wird ihr Gasventil geschlossen und das von Kammer 7 geöffnet und so fort. Der Betrieb dieses Gaskammerofens ist also derselbe wie beim Ringofen. Befindet sich Kammer 6 im Garbrand, so wird Kammer 13 neu beschickt und Kammer 14 entleert.

Entwickelt der angewendete Brennstoff oder die Thonmasse viel Wasserdampf, so ist ein Schmauchcanal anzulegen, der jede Kammer des Ofens mit jeder beliebigen anderen mittelst verschliessbarer Zweigcanäle verbinden kann. Durch diese Canäle lässt man aus den in der Abkühlung befindlichen Kammern heisse Luft in die frisch mit Einsatz versehene Ofenabtheilung eintreten und das Rauchventil nur wenig offen stehen, dann wird die Temperatur etwa auf den Siedepunkt des Wassers gebracht, bevor die mit Wasserdampf gesättigten Verbrennungsgase den frischen Einsatz bestreichen.

Ein grosser Vorzug dieses Ofens besteht in dem vollständigen Schutz der zu brennenden Waare gegen Verunreinigungen durch Asche u. s. w., so dass der Ofen zum Brennen besserer Thonwaaren (z. B. Chamottesteinen) gut geeignet ist, in der völlig kostenlosen Erwärmung der über dem Ofen angelegten Trockenräume, in der immerwährenden Zuführung des Brennstoffes (Gases) und der damit verbundenen gleichmässigen Erwärmung der Kammern, in der Möglichkeit, durch geeignete Einrichtungen (so dass die Flamme aus den vier Ecken des Brennraumes eintritt, emporsteigt, von oben nach unten den Einsatz durchstreicht und durch Abzugsöffnungen in der Ofensohle in die zur nächsten Kammer führenden Canäle gelangt) Klinkerwaaren ohne Aenderung ihrer Form erzeugen zu können und in der Verwendung fast jeden Brennstoffes, das Kohlenwasserstoffgas entwickelt.

Die Mendheim'schen Gaskammeröfen werden, je nach der Beschaffenheit der zu brennenden Waare, mit 10—18 Kammern von 4·5—75 m^3 Inhalt gebaut; nur bei kleineren Betrieben ist die Zahl der Kammern eine geringere (6—8); solche periodische Oefen werden dann wie die Partialringöfen so angelegt, dass sie allmälig zu continuirlichen Oefen erweitert werden können. Die Leistungsfähigkeit lässt sich bei einem Gaskammerofen mit bestimmtem Inhalte dadurch verdoppeln, dass man die Zahl der Kammern verdoppelt und zwei getrennte Feuer von zwei entgegengesetzt liegenden Stellen aus den Ofen durchstreichen lässt. (Siehe Bock, a. a. O., S. 326.)

7. Gasringofen mit Regenerativfeuerung von H. Escherich in Schwandorf. (Fig. 167.) Dieser Ofen besteht aus einem rechteckigen Raum, welcher durch eine die beiden Gascanäle *a* und den Rauchsammelcanal *b* enthaltende Mittelmauer in zwei Brenncanäle getheilt ist. Das in den Generatoren erzeugte Gas strömt in denjenigen Canal, welcher zu der im Brand befindlichen Ofenabtheilung gehört, am einen Ende ein und aus demselben durch eiserne Röhren *c*, welche durch Klappen verstellbar sind, von oben in die aus feuerfesten Thonröhren gebildeten sogenannten Pfeifen *d*, aus denen es durch zahlreiche, seitlich angebrachte, 5—20 *mm* weite Oeffnungen in den Brennraum eintritt, wobei es durch die von den fertig gebrannten und in der Abkühlung begriffenen Waaren erhitzte und den Ofen

in seiner Längsrichtung durchstreichende Luft zu einer 3—20 *cm* langen Flamme entzündet wird. Hierdurch wird erreicht, dass der Einsatz mit der Flamme gar nicht in Berührung kommt und die Zusammensetzung der Gase im ganzen Brenncanalquerschnitt die gleiche ist, so dass man leicht farbenreine Brände erzielen kann. Die Feuergase ziehen seitlich durch den Canal *e*, welcher durch ein Glockenventil *f* geschlossen werden kann, in den Rauchsammelcanal *b* und von diesem in den Schornstein. Zwischen je zwei Pfeifenreihen befinden sich in der Ofendecke Schaulöcher *g*, durch welche der Brennprocess bequem beobachtet werden kann.

Dieser Gasringofen wird vorzugsweise zum Brennen von Chamottesteinen und von Cement benutzt und soll sich für beide Waaren gut bewährt haben. Nach dem Brennen von Cement wird das Gas abgestellt und in die Pfeifen durch ein besonderes Eisenrohr Wasser, Dampf oder kalte Luft in den Brennraum eingeführt, um die zusammengesinterten Cementmassen zu zersprengen und schneller abzukühlen, sowie etwa vorhandenes Schwefelcalcium, das die Güte des Cementes beeinträchtigt, zu zerstören.

Seit dem im Jahre 1881 erfolgten Tode des Erfinders wird der Ofen von Hoffmann ausgeführt.

Noch zu erwähnen ist:

8. Der Ofen mit auf- und absteigendem Brenncanal und mit Gasfeuerung von W. Sonnet in Beckum (siehe Zwick, a. a. O., S. 488).

9. Der Gasringofen von C. Emmel in Hörde (siehe ebendaselbst S. 489).

10. Der Brennofen mit directer Gasfeuerung von Ferd. Steinmann (siehe Gottgetreu, a. a. O., I., S. 342).

11. Der Gasbrennofen von C. Nehse (siehe ebendaselbst S. 347).

12. Der verkürzte Brennofen von Bührer (siehe ebendaselbst S. 351).

Ferner zum Brennen von feineren Thonwaaren (Verblendern, Chamottesteinen, Terracotten u. s. w.):

13. Der Kammerofen von Rob. Burghardt in Merseburg a. S. (mit überschlagender Flamme und oberem Rauchabzug; siehe Bock, a. a. O., S. 327).

14. Der gekuppelte Brennofen von C. Kulmiz in Saarau (aus mehreren

feuerfesten Thon), bei Magnesiagehalt gelb ist und dass ein Gehalt an Eisenoxyd und Kalk den Thon bei Schwachbrand roth bis fleischroth, bei Hartbrand gelblichweiss bis schwefelgelb, bei Klinkerung gelbgrün bis grün und bei vollständiger Verglasung schwarz färbt. Man ersieht hieraus, dass der Thon je nach seiner Zusammensetzung, je nach seinen physikalischen Eigenschaften und je nach der beim Brennen angewandten Temperatur alle Farben in allen Abstufungen annehmen kann.

Gewöhnlich zeigt der gebrannte Thon die Farben Gelb und Roth in den mannigfaltigsten Nüancen. Bei tadelloser Waare sind diese Farben durch die ganze Masse gleichmässig vertheilt. Zeigt die Oberfläche der Ziegel u. s. w. jedoch eine ganz ungleichmässige Färbung, so ist dies immer ein Zeichen von fehlerhafter Fabrikation. Diese Verschiedenheit der Farbe kann von den beim Trocknen, Schmauchen und Brennen auf die Steinoberflächen gelangten oder aus dem Inneren der Thonmasse herausgetretenen fremden Stoffen herrühren oder durch äussere Einflüsse (Verwitterungen u. s. w.) auf der fertigen Waare entstanden sein.

Aber nicht nur die Beschaffenheit der Thonmasse, sondern auch die Beschaffenheit des beim Brennen benutzten Heizstoffes und die Zusammensetzung der von ihm erzeugten Gase beeinflusst die Färbung der gebrannten Steine in hohem Masse. Die Feuergase enthalten Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserdampf, Kohlenwasserstoffe, Wasserstoff, Ammoniak, Stickstoff und Sauerstoff und häufig noch (als zufällige Bestandtheile) Schwefeldampf, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff und schweflige Säure, namentlich bei Verwendung schwefelhaltiger Steinkohle. Dass die letzteren Bestandtheile bei Vorhandensein von Kali und Natron in der Thonmasse den berüchtigten Mauerfrass erzeugen können, wurde bereits im § 85 hervorgehoben.

Durch die oxydirenden und reducirenden Einwirkungen der Feuergase, sowie durch Flugasche können, wie wir bereits wiederholt in den vorhergehenden Paragraphen dieses Werkes bemerkt haben, Verfärbungen der verschiedensten Art (z. B. Anflüge, Ausblühungen, rothe und rothbraune Flecke, weisse, graue und braune Ueberzüge u. s. w.) hervorgerufen werden, welche namentlich bei hellgelben Steinen leicht entstehen, weil dieselben einen grösseren Gehalt an Kalk besitzen, der auf die Feuergase stark einwirkt. Aber gerade bei diesen hellen Steinen sind derartige Verfärbungen sehr unerwünscht. Bei den kalkärmeren, durch Eisenoxyd roth gefärbten Thonen ist eine Verfärbung seltener; sie entsteht hauptsächlich durch Aufsaugung von Alkalidämpfen und hierdurch erzeugte Sinterung und Verglasung oder durch Bildung von schwarzem Eisenoxydul-Silicat. (Siehe Zwick, a. a. O., S. 540.) Die durch Einwirkung der Feuergase auf die in Rothglut sich befindenden Thonwaaren entstehenden Färbungen hat Seger an Thonen von verschiedener Zusammensetzung untersucht und die Ergebnisse seiner Untersuchung in der »Thonindustriezeitung« (1876, S. 21) veröffentlicht, auf die hiermit verwiesen werden mag.

Um den Thonwaaren ein gutes Aussehen zu geben und sie widerstandsfähiger gegen Witterungseinflüsse zu machen, versieht man sie mit einer Glasur.

Die einfachste Glasur (z. B. für Thonröhren) erzeugt man durch Einstreuen von Salz in den glühenden Ofen; es bilden sich dann sofort Salzdämpfe, welche auf den freien Oberflächen der Thonwaaren einen dünnen,

dichten, harten, mattglänzenden, gelblichen bis bräunlichen, unverwitterbaren Ueberzug bilden. Hierauf schliesst man sämmtliche Oeffnungen des Ofens, damit die glasirte Waare langsam abkühlt; bei schneller Abkühlung würde die Glasur Risse und Sprünge erhalten. Lässt man durch den Ofen während des letzten Theiles der Brennzeit Luft in überschüssiger Menge ziehen, so erhält man (nach *Gottgetreu*) eine *perlgraue Glasur*; wirft man aber auf die Feuerungen frische Kohlen auf und schliesst man sämmtliche Schüröffnungen des Ofens, bevor die Kohlen vollständig in Glut gerathen sind, so wird auf der Oberfläche des Einsatzes durch Verwandlung des Eisenoxyds in Eisenoxydul und unterstützt von den Salzdämpfen eine mehrere Millimeter tiefe *schwarze Glasur* erzeugt.

Dachziegel, Fliesen und auch *gewöhnliche Mauersteine* erhalten einen *grauen bis schwarzen Ueberzug*, wenn man alle Schürlöcher des Ofens, sobald sich derselbe in grösster Glut befindet und der Einsatz gargebrannt, beziehungsweise gesintert ist, mit möglichst vielen, belaubten Erlenzweigen, so grün und feucht, wie sie vom Baum kommen, füllt und hierauf sofort sämmtliche Zug- und Schürlöcher des Ofens schliesst. Es entsteht dann ein dichter Qualm, welcher Holzkohle in den Poren der glühenden Waare ablagert, und gleichzeitig findet eine Reduction der roth färbenden Eisenoxydverbindungen in schwarzfärbende Eisenoxydulverbindungen statt, durch welche die Schwarzfärbung hervorgerufen wird. Sobald Luft in den Ofen vor seiner vollständigen Abkühlung von aussen eindringt, verwandelt sich das Eisenoxydul wieder in Eisenoxyd, es verliert der Einsatz seine schwarze Farbe und erhält ein schmutziggraues Aussehen. Um dies zu verhindern, wird entweder Wasser in feinen Strahlen in den Ofen eingespritzt oder Wasserdampf in ihn geleitet.

Die *Falzziegel* erhalten ein *schieferähnliches Aussehen*, wenn man sie in dem O. *Bock*'schen *Blaudämpfungsofen* brennt, den die Figuren 168 und 169 im Schnitt und Grundriss darstellen. Dieser Ofen besitzt an jedem Giebelende je zwei Rostfeuerungen und wird vollständig dichtschliessend hergestellt, um ein Eindringen von Luft in denselben während

Ueberzüge schützen zwar die Steine gegen das Eindringen von Feuchtigkeit, werden aber bald bei Einwirkung von Sonnenstrahlen unansehnlich grau, auch hängt sich an sie leicht Staub fest an.

Die farblosen Glasuren theilt man ein in:

1. Erdglasuren, welche sehr strengflüssige, durchsichtige, aus Kieselsäure (Feuersteinpulver), Thonerde (Kaolin oder Porzellanscherben) und Alkalien bestehende Massen darstellen und gewöhnlich erst in der Hitze des Garbrandes der Thonwaaren schmelzen. Man benutzt sie hauptsächlich zum Ueberziehen von Porzellan. Das Meissener Porzellan besitzt eine Glasur, welche aus 37 Theilen Quarz, 37 Theilen Kaolin, 17·5 Theilen Kalk und 8·5 Theilen Porzellanscherben besteht, während die Glasur des Berliner Porzellans aus 43 Theilen Quarzsand, 31 Theilen Kaolin, 14 Theilen Gyps und 12 Theilen Porzellanscherben zusammengesetzt ist. Diese Stoffe werden fein gemahlen und mit Wasser zu einem dünnen Schlamm angerührt; in diese Flüssigkeit wird das Porzellan, nachdem es schwach gebrannt und dadurch fest und porös geworden ist, eingetaucht; hierbei wird ein Theil des Wassers von der porösen Masse schnell aufgesogen und es bleibt auf der Oberfläche des Porzellans das Glasurmehl in einer dünnen und gleichmässigen Schicht zurück. Die Erdglasuren zeichnen sich durch grosse Härte, Glätte und Glanz, sowie auch dadurch aus, dass sie sehr fest haften und nicht leicht Risse bekommen. Für feine Fayence wird folgende Glasur empfohlen: 48 Theile Kaolin, 6 Theile Porzellanmehl, 20 Theile gebrannter weisser Kies und 6 Theile Feldspath.

2. Bleiglasuren, die leichtflüssige, durchsichtige, bleihaltige (auch borsäurehaltige) Massen darstellen und in der Regel bei einer niedrigeren Temperatur, als zum Garbrennen der Thonwaaren erforderlich ist, zum Schmelzen kommen. Solche Glasuren werden gewöhnlich bei gröberen Thonwaaren (gewöhnlicher Fayence, Töpferwaaren u. s. w.) angewendet. Entweder bestäubt man die frisch geformte und noch feuchte Waare mit Bleiglätte oder Mennige oder nur mit Bleiglanzpulver, welche das Bleioxyd geben, während die Thonwaare die zur Bildung der Glasur nothwendigen Stoffe, Kieselsäure und Thonerde liefert, oder man bereitet aus den Glasurstoffen und Wasser eine dünnflüssige Masse und giesst dieselbe auf die unporöse Thonwaare mittelst eines hölzernen Löffels, wobei man sie durch Schwenken gleichmässig zu vertheilen sucht.

Bewährt haben sich folgende Mischungen:

a) Für gewöhnliche Fayence: 77 Theile Bleioxyd und 23 Theile Zinnoxyd oder 77 Theile Bleioxyd und 17 Theile Zinnoxyd; erstere Mischung giebt eine harte, letztere eine weiche Glasur; von ersterer schmilzt man 45 Theile mit 45 Theilen Quarz, 2 Theilen Mennige, 5 Theilen Kochsalz und 3 Theilen calcinirter Soda, von letzterer 45 Theile mit 3 Theilen Soda und 7 Theilen Kochsalz zusammen. (Nach Mothes.)

b) Für gewöhnliche Töpferwaaren: 4 Theile Bleiglätte, 1 Theil Lehm und 1 Theil Sand,

oder: 2 Theile Bleiglätte, 4 Theile Lehm und 1 Theil Sand,

oder: 5 Theile Zinkblende, 22 Theile Glaubersalz und 20 Theile Sand.

Ess- und Kochgeschirre dürfen keine mit Bleioxyd übersättigten Glasuren erhalten, um Bleivergiftungen vorzubeugen; solche Glasuren geben Bleioxyd an Essig, Fett und Salz ab, wenn diese Stoffe längere Zeit in den Geschirren

verbleiben. Empfehlenswerther sind deshalb für derartige Thonwaaren ganz bleifreie Glasuren, die man aus Wasserglas (vergl. § 250) oder aus einer Mischung aus Calciumborax und Wasserglas herstellt.

3. Emailglasuren, welche leicht schmelzen, weiss oder gefärbt, un durchsichtig und zinnoxydhaltig sind und z. B. zum Ueberziehen von Ofenkacheln dienen. Die Kacheln werden vor dem Glasiren auf einem sich wagrecht drehenden Sandstein glatt geschliffen und dann mit einem dünnflüssigen, z. B. aus 23 Theilen Bleioxyd, 15 Theilen Zinnoxyd, 43 Theilen Kieselerde, $^1/_2$ Theil Eisenoxyd, 3 Theilen Kalk und Wasser bestehenden, eine weisse Glasur liefernden Gemenge überzogen.

4. Erdalkaliglasuren (Lüster), welche auf Thonwaaren einen äusserst dünnen, nebelartigen Ueberzug bilden. Man erhält diese Glasuren, wenn man (z. B. beim Steinzeug) die Kapseln, in denen die Thonwaaren gebrannt werden, innen mit einem Gemisch von Chlorcalcium, Chlorblei und Thon überzieht und in die Kapseln kleine Gefässe mit gewissen Metalloxyden (z. B. Kobaltoxyd) stellt. Beim Brennen verwandelt sich dann das Metalloxyd in Chlormetall, dieses verflüchtigt und bildet auf der Thonwaare einen hauchartigen Ueberzug. Oder man kleidet die Innenfläche der Kapseln mit einem Gemenge von 60 Theilen Kochsalz, 28 Theilen Pottasche und 5 Theilen Bleioxyd aus; dann entwickeln sich beim Brennen aus dem Kochsalz und Chlorblei Dämpfe, die sich auf die Thonwaaren niederschlagen und eine sehr dünne Glasurschicht bilden. Auch durch das oben beschriebene Verfahren, Salz in den glühenden Ofen zu streuen, wird eine Lüsterglasur erzeugt.

Für Steinzeug wird auch eine Glasur von folgender Zusammensetzung empfohlen: 61·8 (65·1)% Kieselsäure, 13·5 (13·7)% Kalk, 10·8 (13·1)% Thonerde, 11·1 (7·2)% Alkalien und 0·8 (0·9)% Eisenoxyd.

Eine empfehlenswerthe schwarzbraune Glasur (z. B. für Dachziegel) besteht nach E. Cramer aus 58·8% Kieselsäure, 8·15% Thonerde, 7·98% Eisenoxyd, 9·36% Kalk, 6·3% Alkalien (8·39% Glühverlust). Eine vollständig schwarze Glasur wird nach Mothes aus einer Mischung von 50 Gewichtstheilen Bleierz, 3 Gewichtstheilen Braunstein und $^3/_4$—1 Gewichts-

Eisenpräparat, eine regenbogenfarbige Glasur durch Verrühren von Ammoniakgold oder blausaures Gold, Quecksilber, Goldjodür oder Goldtinctur mit Terpentinöl zu einem Teig, Trocknen desselben, Verreiben mit Lavendelöl und Vermischung von 1 Theil des Gemenges mit 1—10 Theilen Flussmittel und Ueberziehen der Thonwaare nach erfolgter Glasirung mit Uranlösung. Die Thonwaaren sind vor dem Glasiren zu brennen, um sie porös zu machen und nach dem Glasiren nochmals zu brennen, damit die Glasur schmelze.

Sollen Thonwaaren bronzirt werden, so überstreicht man ihre Oberfläche, nachdem sie von Staub gereinigt worden, mit Leim und trägt die Bronzefarben (siehe § 265) mit trockenem Pinsel auf oder man firnisst die Oberfläche und streut auf dieselbe das Farbpulver.

Farbige Dachziegel erhält man nach Gottgetreu durch Herstellung der Platten aus 3 Theilen gewöhnlichem, sich roth brennenden Thon, 1 Theil kalkiger Lette und 1 Theil Quarzsand und Ueberziehen der getrockneten und stark gebrannten Waare mit einer Glasurmasse aus 5 *kg* Villacher Blei und 0·5 *kg* Bankazinn, die in Töpfen zu Asche calcinirt werden; diese Glasur wird durch nochmaliges starkes Brennen der Ziegel zum Schmelzen gebracht.

Als Grund für farbige Glasuren empfiehlt Gottgetreu (Bd. I, S. 385) eine Mischung aus 5·5 *kg* Blei- und Zinnasche, 2 *kg* reinem Quarzsand, 1 *kg* Porzellanerde, 1·5 *kg* Kochsalz, 1 *kg* weissem Glas, 1 *kg* kohlensaurem Kali und 0·5 *kg* Salpeter, welche in Schmelztiegeln, die vorher mit einem Gemenge von 1 Theil Kalk und 2 Theilen Quarz und Wasser ausgegossen wurden, im Ofen zu Glas geschmolzen, dann im kalten Wasser abgelöscht, zerstossen und fein gemahlen wird. Diese Glasur besitzt eine weisse Farbe. Um nun eine blaue Glasur zu erhalten, benutzt man ein Gemenge von 3 *kg* dieser Glasur, 0·125 *kg* Kobalt und einer Spur von Braunstein; eine grüne Glasur erhält man aus einer Mischung von 3 *kg* der weissen Glasur, 0·125 *kg* Smalte und etwas Kupferasche, eine gelbe aus einem Gemenge von 1·5 *kg* weisser Glasur und 0·125 *kg* schwarzgebranntem Antimon, eine braune aus einer Mischung von 3 *kg* weisser Glasur und 0·1 *kg* Braunstein. Alle diese Gemenge werden auf der Glasurmühle aufs Feinste gemahlen und mit Wasser zu einem dünnflüssigen Teig angerührt. Man benutzt sie zum Ueberziehen von Dachziegeln und Backsteinen.

Fussbodenplatten können nicht glasirt werden, weil der Plattenbelag zu glatt und die Glasur leicht rissig werden würde. Um eine farbige Oberfläche zu erhalten, werden die Conturen des gewünschten Musters mittelst Pressen einige Millimeter tief auf die Platte eingedrückt, wie dies im § 89 näher beschrieben wurde, oder nur eingeritzt, dann wird die Platte gebrannt, hierauf die farbige Glasur in die Vertiefungen eingebracht und endlich die Platte behufs Schmelzung der Glasur nochmals gebrannt. Oder man stellt die Platten, wie dies bei der Herstellung der berühmten Mettlacher Fliesen der Fall ist (vergl. § 89), aus zwei Schichten her, einer dünnen, aus gefärbtem Thon und einer dicken, aus einfarbigem Thon; beide Thonmassen müssen dasselbe Schwindmass und den gleichen Sinterungsgrad besitzen, was durch richtig gewählten Zusatz geeigneter Sinterungsmittel erreicht wird. Zum Färben der Oberfläche verwendet man nach Gottgetreu (Bd. I, S. 390):

Zu Dunkelbraun: $^3/_4$ rothe Thonerde und $^1/_4$ Eisenocker (sogenanntes Wiesenerz);

zu Schwarz: $^{3}/_{5}$ rothe Thonerde und $^{3}/_{5}$ Eisenocker;
zu Grün: $^{1}/_{2}$ weisse Thonerde und $^{1}/_{2}$ Chromgrün (Chromalaun);
zu Roth: $^{3}/_{5}$ weisse Thonerde und $^{2}/_{5}$ Caput mortuum (Todtenkopf);
zu Gelb: $^{3}/_{5}$ weisse Thonerde und $^{2}/_{5}$ Uranoxyd.

Diese Mischungen werden ebenfalls auf der Glasurmühle zu Staub gemahlen und mit Wasser angerührt; sobald letzteres wieder verdunstet ist, wird die Masse vor dem Gebrauche tüchtig durcheinander gemengt.

In ähnlicher Weise färbt man Dachziegel, indem man sie mit einem Gemenge von $^{2}/_{3}$ geschlämmter Thonerde und $^{1}/_{3}$ Eisenocker in lufttrockenem Zustande überzieht und dann brennt. Solche Anstriche sollen nach Gottgetreu den Ziegeln ein gutes Aussehen verleihen und sie sehr widerstandsfähig gegen Verwitterung machen.

Näheres über das Färben und Glasiren von Thonwaaren findet man in dem von uns zu vorstehenden Mittheilungen mitbenutzten Werke: »Handbuch der chemischen Technologie« von Dr. Ferdinand Fischer (1893, S. 777 ff.).

§ 94. Die verschiedenen Thonwaaren.*)

Eintheilung. Man kann die Thonwaaren unterscheiden in dichte und poröse. Die dichten zeigen eine durch Scharfbrand erzeugte, halbverglaste Masse (Scherben), deren Bruchfläche glasartig erscheint, und die wasserundurchlässig, durchscheinend und so hart ist, dass sie am Stahl Funken giebt und von einer Feile gar nicht oder doch nur sehr schwer angegriffen wird. Die porösen Thonwaaren, welche bei einer geringeren Hitze gebrannt sind, besitzen eine unverglaste, zerreibliche Masse, deren Bruchfläche erdig erscheint und die in unglasirtem Zustande an der Zunge klebt, also für Flüssigkeiten durchlässig ist und keine grosse Härte besitzt.

A. Dichte Thonwaaren.

Feldspath und 25% Quarz). Die Porzellanmasse besitzt eine ausserordentliche Plasticität, d. h. die Fähigkeit, in feuchtem Zustande in jede beliebige Gestalt gebracht werden zu können, die nach dem Erhärten durch den Brand erhalten bleibt. Sie stellt den edelsten Stoff der keramischen Kunst dar.

Herstellung. Die Porzellanwaaren kreisförmigen Querschnittes werden auf der Töpferdrehscheibe, alle übrigen in Gypsformen geformt, und zwar verwendet man entweder nur wenig angefeuchtetes Porzellanmassepulver (mit 7—12% Wasser) und presst dasselbe mittelst Halbtrockenpressen in die Form hinein, oder man benutzt eine breiartige Masse, die man in die Formen giesst. Blumen, Verzierungen u. s. w. werden aus freier Hand mit Hilfe des Bossirgriffels hergestellt, Henkel besonders gepresst und später mit dünnem Porzellanbrei, sogenanntem Schlicker, angesetzt. Figuren werden aus vielen einzelnen gegossenen und gepressten Stücken hergestellt, die später auf das Sorgfältigste mit Schlicker aneinander geklebt werden. Die geformte, an der Luft getrocknete Masse wird zunächst bei einer Temperatur von circa 1000° *C.* gebrannt (verglüht), um alles Wasser auszutreiben, dann wird der dadurch gewonnene poröse und feste Scherben, der im Stande ist, Flüssigkeiten aufzusaugen, ohne dabei zu erweichen, glasirt und endlich in Oefen geeigneter Construction (z. B. in dem in Fig. 164 abgebildeten Mendheim'schen Gaskammerofen oder in runden Etagenöfen mit Holz- oder Steinkohlenfeuerung) in feuerfesten Thonkapseln innerhalb 12 Stunden gar gebrannt, wozu eine hohe Temperatur (1600—2000° *C.*) erforderlich ist. Beim Brennen schwindet die Porzellanmasse um 8—25% und umso weniger, je mehr ihr Quarz zugesetzt wird. Häufig ist noch ein Nacharbeiten durch Schleifen und Poliren nothwendig, um Unebenheiten, in der Glasur festgebrannte Körnchen aus der Kapselmasse u. s. w. zu beseitigen. Der Garbrand hat zweimal zu erfolgen; weil beim ersten diejenigen Stellen, auf denen das Stück ruht, roh bleiben. Die zum Garbrand nöthige Hitze ist im Brennofen erreicht, wenn kleine, vor den Kapseln aufgestellte Quarzkegel zu schmelzen beginnen.

Eigenschaften. Das echte Porzellan besitzt eine gleichmässig geflossene, durchscheinende, weisse, hellklingende, strengflüssige, stahlharte Masse mit starkglänzender, bleifreier, harter Glasur. Seine Widerstandsfähigkeit gegen schroffen Temperaturwechsel ist nicht gross, denn es zerspringt leicht, wenn es stark erhitzt und dann schnell abgekühlt wird. Es verleiht der decorativen Malerei einen eigenthümlichen Farbenschmelz.

Bemalen. Zum Bemalen des Porzellans werden entweder sogenannte Scharffeuerfarben benutzt, d. h. färbende Metalloxyde von mindestens solcher Feuerbeständigkeit, dass sie der Hitze des Garbrandes ohne Schaden ausgesetzt werden können, oder sogenannte Muffelfarben verwendet, welche diese Feuerbeständigkeit nicht besitzen. Erstere werden auf das Porzellan vor seinem Glasiren aufgetragen und mit der Glasur beim Garbrand innig verschmolzen, so dass sie nur mit dieser zugleich zerstört werden können, während die Muffelfarben sich über der Glasur befinden, also erhaben erscheinen und daher einer ziemlich schnellen Abnutzung unterworfen sind. Die Muffelfarben werden bei mässiger Hitze unter Benutzung von sogenannten Muffeln aus feuerfestem Thon mit grösserem Zusatze von gemahlenen Porzellankapselscherben im Muffelofen bei einer Temperatur von etwa 800° *C.* eingebrannt. Zu ihnen gehören alle weichen Bleigläser. Naturgemäss giebt es nur wenige Metalloxyde, welche als Scharffeuerfarben benutzt werden

können, nämlich nur: Uranoxyd (schwarz), Kobaltoxyd (blau; Meissener Zwiebelmuster), Chromoxyd (grün), Mangan- und Eisenoxyd (braun und schwarz), Titanoxyd (gelb), Nickeloxyd (olivengrün), Gold (rosa), Iridium und Platinoxyd (schwarz und grau). Diese Stoffe werden fein gemahlen, mit einem geeigneten Bindemittel (meistens Terpentinöl) versetzt und mittelst Malerpinsel auf die Porzellanwaare aufgetragen. Einige dieser Farbstoffe erlangen erst die gewünschte Farbe beim Zusammenschmelzen mit dem Flussmittel, andere bei durch Fritten erzeugtes Halbverglasen vor ihrer Verwendung.

Abarten. Lässt man das echte Porzellan unglasirt, so erhält man das sogenannte **Statuenporzellan** oder **Bisquit**, ein matt aussehendes, halbglasiges, bis zum vollständigen Fritten gebranntes, oberflächlich rauhes Porzellan, das zu Kunstgegenständen mannigfacher Art (z. B. Schalen, Vasen, Statuen) Verwendung findet und sich durch eine ungemein grosse Härte und Festigkeit auszeichnet. Nach Dr. Michaelis beträgt die Druckfestigkeit 4364—13.933 (!) *kg*, die Zugfestigkeit 227—266 *kg* pro cm^2. Ein Porzellan von grösserem Durchscheinen und elfenbeinartiger Farbe ist das von Professor Seger erfundene und in der königlichen Porzellanmanufactur zu Berlin dargestellte sogenannte **Seger-Porzellan**. Dasselbe kann mit einer leichtflüssigeren Glasur versehen werden und erfordert zu seinem Garbrande eine geringere Hitze, so dass die Zahl der für das Bemalen dieses Porzellans verwendbaren Scharffeuerfarben eine weit grössere ist als beim Hartporzellan. Aus diesem Porzellan werden nicht nur die schönsten Ziergefässe mit den herrlichsten Farben hergestellt, sondern auch 1 *cm* dicke, vollständig gefrittete Fliesen mit teppichartig rauher Oberfläche. Das Seger-Porzellan hat Aehnlichkeit mit dem japanischen und steht mit diesem sowie mit dem chinesischen Porzellan in der Mitte zwischen dem Hart- und Weichporzellan.

2. *Weiches Porzellan* (*leichtflüssiges Fritten-, Glas-, Sèvres-Porzellan*). Mit vorwiegendem Quarz- und Feldspathgehalt.

Man unterscheidet:

a) Französisches oder Sèvres-Porzellan, ein glasartiges, unvoll-

kalien. Dieses Gemenge wird in Kapseln gebrannt, dann glasirt und hierauf zum zweiten Male gebrannt. Die Glasur besteht nach F. Fischer aus Cornishstone, Kreide, Feuerstein, Borax und Bleioxyd. Das englische Porzellan besitzt eine geringere Haltbarkeit als echtes Porzellan und ist weicher wie dieses; seine leichtflüssige Glasur wird leicht rissig; seine Masse ist aber weit plastischer und verzieht sich weniger, weil die Brenntemperatur eine niedrigere sein kann; es kann daher die Scherbenstärke schwächer gewählt werden. Hauptverwendung zu Geschirren.

c) Parisches Porzellan (Parian), ein dem englischen ähnliches Porzellan von sehr verschiedener Zusammensetzung, das jedoch ein strengflüssigeres Flussmittel in geringerer Menge und Kieselsäure in grösserer Menge enthält und bisweilen phosphorsauren Kalk oder kieselsauren Baryt oder nur Kaolin oder Thon und Feldspath besitzt. Diese Masse erhält keine Glasur und dient hauptsächlich zur Herstellung von kleinen Statuen. Sie besitzt eine wachsartige, schwach fettglänzende, gelbliche Oberfläche.

d) Carrara, ein etwas schwächer als Parian durchscheinendes, aber weisseres Porzellan, welches den Uebergang von Parian zum Steinzeug bildet. Aus seiner mit Salzsäure gereinigten und mit Knochenasche vermischten Masse (Feldspathpulver) fertigt man Porzellanknöpfe, die durch Pressen verziert und durch Zusatz von Metalloxyden gefärbt werden.

3. *Steinzeug* (nicht zu verwechseln mit dem weiter unten beschriebenen Steingut).

Diese Thonwaare stellt eine dichte, klingende, feinkörnige, wasserundurchlässige (nicht an der Zunge klebende), halbverglaste, an den Kanten nur wenig oder auch gar nicht durchscheinende, gegen Temperaturwechsel recht empfindliche, jedoch recht feste und gegen Einwirkung von Säuren u. s. w. widerstandsfähige Masse dar. Diese Masse besitzt eine grosse Bildsamkeit, so dass man aus ihr verschiedenartig geformte Gegenstände grösseren Umfanges herstellen kann. Sie wird zunächst in Kapseln scharf gebrannt, dann glasirt und endlich nochmals bis zum Schmelzen der Glasur gebrannt, wozu nur eine mässige Hitze erforderlich ist.

Man unterscheidet:

a) Feines, weisses Steinzeug (unechtes Porzellan), das sich vom echten Porzellan durch den Mangel an Durchscheinen unterscheidet. Man stellt dasselbe aus plastischem, sich weiss brennenden, wenig feuerbeständigen Thon und Kaolin und einem, gewöhnlich mehr als die Hälfte des Gewichtes der Masse betragenden Flussmittel aus Feuerstein und Cornishstone her, so dass zum Brennen eine niedrigere Temperatur ausreicht. Die Glasur ist durchsichtig und enthält Bleioxyd und Borax (vergl. § 93). Hauptverwendung zu Geschirren.

b) Weisses oder gefärbtes, unglasirtes Steinzeug (Wedgewood), aus plastischem, eisenfreiem, wenig feuerbeständigem Thon, Kaolin, Feuerstein und Cornishstone. Auch bei dieser Masse beträgt das Flussmittel mehr als die Hälfte des Gewichtes der ganzen Masse. Dieses Steinzeug ist leichtflüssiger als echtes Porzellan und erfordert daher zum Garbrand eine geringere Hitze. Oft wird dasselbe durch einen Zusatz von sehr kleinen Mengen starkfärbender Metalloxyde gefärbt, und zwar entweder in der ganzen Masse, wobei man dann

bisweilen farblose oder gefärbte Verzierungen auf der Oberfläche herstellt oder nur oberflächlich, indem man den Gegenstand mit einem dünnen Ueberzug aus einem dicken Schlamm farbigen, besonders blaugrünen Thones versieht, denselben trocknet und die Oberfläche abdreht. Um braunes Steinzeug zu erhalten, setzt man dem Gemenge als Flussmittel Ocker und Braunstein zu.

Zu dieser Steinzeugart gehören:

α) Bamboo, rohr- oder strohfarbig;

β) Aegyptian, schwarz;

γ) Basaltgut, aus eisenhaltigem Thon, Feuerstein, Gyps und Braunstein; ohne Glasur, dauerhaft, sehr hart und sehr politurfähig;

δ) Jaspis, feinweiss, durch Metalloxyde gefärbt; dient zu Lampen, Medaillons u. s. w.;

ε) Chromolith, dem Aegyptian ähnlich.

c) Gemeines (ordinäres) Steinzeug, aus plastischem, eisenhaltigem Thon ohne Zusatz von Flussmitteln, jedoch mit Beimengungen von Sand oder gemahlenen Scherben gebrannten Steinzeuges, um ein starkes Schwinden der Waare beim Garbrand zu verhüten. Dieses Steinzeug hat eine graue, gelbliche, röthliche oder bläuliche Farbe. Sein Rohstoff wird nicht geschlämmt, sondern nur eingesumpft und das Gemenge im Kasseler Ziegelflammofen u. s. w. gebrannt und mit Salzglasur (durch Einwerfen von Kochsalz in den glühenden Brennofen) versehen (vergl. § 93). Ordinäres Steinzeug besitzt eine grosse Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung, und da auch seine Festigkeit eine sehr hohe ist, so eignet es sich vorzüglich zur Herstellung von Röhren für Abort-, Canal- und Dunstleitungen, von Schornsteinaufsätzen, Aborts- und Ausgussbecken, Fliesen für Bürgersteige und zu Wandbekleidungen, Falzziegeln, Abdeckplatten für Kamine und freistehende Mauern u. s. w., ausserdem wegen seiner grossen Widerstandsfähigkeit gegen Säuren u. s. w. zu chemischen Apparaten, zu Säure- und Mineralwasserkrügen u. s. w., sodann stellt man aus ordinärem Steinzeug Geschirre aller Art her, fertigt aus ihm Wassertröge (englische Filter) u. a. m.

Ueber die Bereitung der zur Röhrenfabrikation zu verwendenden Thon-

(bis zu 15 Atmosphären) und werden von Mineralsäuren und Ammoniak nur wenig angegriffen, wenn ihre Thonmasse weder Schwefelkies noch Schwefeleisen enthält.

Steinzeugfliesen werden aus einem Gemenge von Pfeifenthon und Kies hergestellt und erhalten eine Salzglasur; sie sind wenig frostbeständig und können einen schroffen Temperaturwechsel nicht ertragen; bei schneller Abkühlung zerspringen sie.

d) Terralith und Siderolith. Diese aus weissem oder gefärbtem Thon gefertigten, scharf gebrannten, bemalten und mit starkem Bernsteinfirniss oder auch gefärbtem oder bronzirtem Firniss lackirten und unglasirten Thonwaaren bilden den Uebergang vom Steinzeug zu den porösen Thonwaaren. Man fabricirt Terralith und Siderolith in Mettlach (Villeroy & Boch), im Thüringerwald, in Dresden, in Mainz, im nördlichen Böhmen u. s. w.

4. Klinker.

Unter Klinker versteht man die bis zur durchgehenden Verglasung (Versinterung), also sehr scharf gebrannten, unglasirten Mauersteine aus farbig gebranntem, leicht sinterndem (z. B. glimmerhaltigem) Thon oder aus 3 Theilen kalkigem, schmelzbarem Thon und 1 Theil Quarzsand. Man bezeichnet aber auch mit Klinkern die beim Brennen von gewöhnlichen Mauersteinen sich ergebenden, besonders scharf gebrannten Ziegel, welche in der Nähe der Feuerungen gestanden haben und somit der grössten Hitze ausgesetzt waren.

Kennzeichen der Güte. Die Klinker müssen eine grosse Härte und Dichtigkeit haben und völlig wasserundurchlässig sein, sie dürfen keine Blasen oder Risse besitzen und nicht krumme oder windschiefe Flächen zeigen, sie müssen ohne grossen Eisengehalt sein (weil sie sonst zu spröde werden und eine schlackenartige Verbindung zeigen), auch ohne Kalk- oder Feuersteinknollen über Erbsengrösse (weil dieselben beim Scharfbrand Blasen und Sprünge erzeugen); endlich sollen sie möglichst kantige Formen haben.

Format. Die Klinker werden entweder im deutschen Normalformat (25 × 12 × 6·5 *cm*) oder kleiner (z. B. 21 × 10 × 5·5—6 *cm*) hergestellt. In Berlin und Umgegend verwendet man zumeist Klinker von 24 *cm* Länge, 11·5 *cm* Breite und 5·5 *cm* Dicke, in Oldenburg solche von 22—23 *cm* Länge, 10·5—11·5 *cm* Breite und 5·5 *cm* Dicke.

Aus der gleichen Masse werden auch Trottoirplatten, Flursteine, Estrichplatten, Rand- oder Bordsteine u. s. w. gefertigt.

Einige gebräuchliche Formen und Abmessungen sind nach dem »Handbuch der Architektur« (Abth. I, Bd. I, S. 97) folgende:

Trottoirplatten: 5·6—7 *cm* dick, 20 *cm* lang und 20 *cm* breit, scharfkantig oder abgefast; Gewicht: 4·0, 4·8 und 5·5 *kg*.

Flur- oder Einfahrtsplatten: 6—7 *cm* dick, 20 *cm* lang und 20 *cm* breit, viertheilig oder in concentrischen Ringen, gerieft und abgefast; Gewicht: 4·8—5·5 *kg*.

Stallsteine: 7—8 *cm* dick, 10 *cm* breit und 20 *cm* lang, abgefast; Gewicht: 3·2 *kg*.

Strassenpflastersteine: leichte und schwere, 10—15 *cm* dick, 10 *cm* breit und 20 *cm* lang, abgefast; Gewicht: 4·2—6·2 *kg*.

Randsteine zu Trottoireinfassungen: 12 *cm* dick, 18 *cm* breit und 47 *cm* lang; Gewicht: 22 *kg*.

Festigkeit. Nach der Classification durch den Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine soll die Minimaldruckfestigkeit der Klinker bei erster Qualität 200 *kg*, bei zweiter Qualität 160 *kg* für das Quadratcentimeter betragen. Bauschinger fand die Maximaldruckfestigkeit der Gross-Hesseloher Klinker zu 720 *kg* für das Quadratcentimeter. Im Durchschnitt nimmt man die Maximaldruckfestigkeit zu 300—500 *kg* für das Quadratcentimeter an.

Specifisches Gewicht: 1·52—2·29.

Verwendung: Zu Strassenpflasterungen (namentlich in Oldenburg, der Provinz Hannover und in Holland), zum Befestigen der Bürgersteige, zu Pflasterungen von Einfahrten, Höfen und Ställen, zu Wasserbauten (ihrer Wasserundurchlässigkeit wegen), zu Rinnen und flachen Schüsseln für den Ausguss der Gossen, zu Brunnenkränzen u. s. w. Die feineren Thonfliesen sind weiter unten beschrieben.

B. Poröse Thonwaaren.

Zu diesen rechnet man die Fayence (Steingut), die ordinäre Töpferwaare, die gewöhnlichen Mauersteine und Verblender (Hohlsteine, poröse Steine u. s. w.), die Dachziegel, die Terracotten und die feuerfesten Steine.

1. Fayence (Steingut, Majolika).

Die aus plastischem Thon, oft mit einem geringen Zusatz von gewöhnlichem Töpferthon, zuweilen auch mit Beimengungen von Kreide, Quarzsand, Glasfritte, Gyps, Knochenasche u. s. w. versehene Masse ist dichterdig, nicht durchscheinend, nicht wasserundurchlässig (an der Zunge klebend), zum Theil feuerbeständig oder doch wenigstens sehr schwer schmelzbar, zum Theil jedoch schon bei mässiger Hitze brennbar. Sie erhält eine durchsichtige oder undurchsichtige Bleiglasur. Diese Glasur besitzt den Nachtheil, dass sie leicht Risse bekommt, sich durch ein Messer ritzen lässt und bisweilen abblättert; in die Risse vermögen dann gefärbte Flüssigkeiten und Fette einzuziehen,

Berührung durch feinspitzige Thonpinnen verhütet. Die feine Fayence wird stark gebrannt, dann bemalt oder bedruckt, hierauf glasirt und endlich nochmals schwach gebrannt behufs Schmelzung der Glasur.

b) Ordinäre, emaillirte Fayence (Steingut). Die Masse besteht aus einem plastischen Thon mit 2—4% Eisengehalt und Mergel oder Quarzsand oder aus gewöhnlichem Töpferthon mit diesen Zusätzen oder auch aus Thonmergel und wird bei einer so schwachen Hitze gebrannt, dass eine Zersetzung des im Mergel vorhandenen kohlensauren Kalkes nicht eintreten und nur ein Theil der Kohlensäure entweichen kann. Demgemäss besitzt dieses Steingut noch Kalk (circa 15—25%) und braust, mit Säuren übergossen, auf, wodurch man es leicht von anderen Thonwaaren unterscheiden kann. Die ordinäre Fayence hat ein lockeres, erdiges Gefüge und eine durch den Eisengehalt hervorgerufene stark gelbe Farbe; sie besitzt nur eine geringe Festigkeit und erhält beim Erhitzen leicht Sprünge, so dass sie zur Herstellung von Kochgeschirren nicht verwendet werden kann. Die unschöne Farbe des Steingutes wird durch eine undurchsichtige, weisse oder durch Metalloxyde gefärbte Glasur (Email) verdeckt. Diese Glasur besteht zumeist aus einer Mischung von Sand, Aëscher (Gemenge von Zinn- und Bleioxyd) und Kochsalz oder Soda. Bessere Steingutgefässe werden auf der Innenfläche mit einer aus 40 Theilen weissem Thon, 15 Theilen feinem Kies, 15 Theilen feingemahlenen Porzellanscherben mit 20 Theilen Feldspathpulver bestehenden Angussmasse überzogen und erhalten auf der Aussenfläche nur eine braune Glasur. Letztere wird aufgetragen, wenn das Gefäss beim Trocknen Lederhärte angenommen hat, und die Innenfläche weiss ausgegossen, sobald die Aussenglasur getrocknet ist. Hierauf wird das Steingut verglüht (schwach gebrannt) und dann die Innenfläche, sowie der obere Rand mit einer aus 11 Theilen Feldspath, 15 Theilen gebranntem Kies, 9 Theilen Porzellanscherben, 9 Theilen kohlensaurem Kalk und 3·5 Theilen gebranntem Kaolin bestehenden Glasur versehen. Dann wird die Waare in Kapseln zum zweiten Male gebrannt. (Siehe Dr. F. Fischer, a. a. O., S. 805.) Der Boden der Steingutgefässe bleibt unglasirt. Eine billige porzellanähnliche Waare mit brauner Aussenglasur erhält man nach Fischer aus einem Gemenge von 48 Theilen Kaolin, 6 Theilen Porzellanmehl, 20 Theilen gebranntem weissen Kies und 6 Theilen Feldspath. Bei dieser Mischung ist eine weisse Angussmasse für die Innenfläche nicht nöthig, weil die Masse schon eine weisse Farbe besitzt. Meistens nur die Innenfläche erhält die oben angeführte, weisse und durchsichtige Glasur, die Aussenfläche dagegen wird mit einer braunen und undurchsichtigen Glasur versehen.

Die deutsche Fayence zeigt in der Regel eine weisse, die französische und englische (Nockingham) eine braune Farbe; letztere besitzen eine braune Bleiglasur, doch kommen auch in England gelbe Fayencen mit strohgelber Bleiglasur in den Handel.

Sehr oft wird die ordinäre Fayence bemalt oder bedruckt. Das Bemalen erfolgt entweder auf oder unter der Glasur und hauptsächlich nur mit Kobaltoxyd (blau), Pinkcolour (roth) oder einem Gemenge von Hammerschlag, Braunstein und Kobaltoxyd (schwarz, dient als Druckerfarbe für Kupferdruck). Diese Stoffe werden fein gemahlen und mit gekochtem Leinöl angerieben. Um verschiedene blaue Farbentöne zu erhalten, wir das Kobaltoxyd mit Feuerstein- oder Schwerspathpulver in grösserer oder geringerer

Menge versetzt, dann wird das Gemenge gefrittet, hierauf gemahlen und endlich mit einem Flussmittel aus gleichen Theilen Flintglas und Feuerstein versehen. Um Fayence zu bedrucken, wird mit Leinsamenschleim getränktes und mit dem gewünschten Bilde bedrucktes, feines, weisses Papier auf die schwach gebrannte Waare aufgelegt und mit einem Schwamm oder Filzstück vorsichtig aufgedrückt, dann bleibt die farbige Zeichnung auf der Fayence zurück. Beliebt sind Verzierungen mit dunkelblauem Flowing colours oder Gold-, Platin- oder Silberlüstern, welche aus einer Mischung von Metallresinaten und Lawendel- oder Baldrianöl erzeugt werden. Hierher gehört die aus dem XVII. Jahrhundert stammende und neuerdings wieder vielfach nachgeahmte holländische Delftwaare.

Aus ordinärer Fayence fertigt man:

α) Ofenkacheln. Dieselben erhalten an der Rückseite einen vorstehenden Rand (Hals oder Rumpf) mit Durchlochungen, durch welche Draht zur Verbindung der Kacheln gezogen wird. Der Raum zwischen den Hälsen wird beim Aufbau des Kachelofens mit Lehmmörtel ausgefüllt. Die Masse wird durchgeschliffen, darf sich beim Brennen weder krumm ziehen noch eine windschiefe Oberfläche erhalten und muss mit einer Glasur (vergl. § 93) versehen werden, welche dasselbe Schwindmass wie der Thon besitzt, damit beim Brennen keine Haarrisse entstehen. Die Kacheln müssen eine übereinstimmende Grösse haben, damit man die einzelnen Schichten in gerader Linie in Verband herstellen kann. Bei den weissen Kacheln unterscheidet man (nach dem »Berliner Baumarkt«) drei Qualitäten, nämlich:

Erste Qualität: Kacheln mit vollständig rissefreier Glasur, mit gleichmässiger Farbe und tadellosem Glanz und aus reiner Masse.

Zweite Qualität: Kacheln mit einer durch geringen Zinngehalt nicht so vorzüglichen Glasur mit unbedeutenden Haarrissen, mit möglichst guter, wenn auch nicht vollständig gleichmäsiger Farbe, mit mittelstarkem Glanz und möglichst wenig farbigen Pünktchen.

Dritte Qualität: Kacheln mit einer kaum auffallenden Verschiedenheit der Farbe, mit nicht zu vielen Haarrissen, mit mattem Glanz und mit nur



vorausgesetzt wird hierbei, dass der betreffende Raum auf drei Seiten eingebaut und nur eine gegen das Freie liegende Wand besitzt, sonst sind die angeführten Rauminhalte kleiner.

β) Majolika (nach den von den Mauren auf der Insel Majorka hergestellten Thonwaaren so benannt). Man versteht hierunter verschiedene Arten ordinärer Fayence, welche mit einer rohen Steingutglasur und mit eingebrannten Malereien aus feuerbeständigen Scharffeuerfarben versehen sind oder eine farbige oder eine opake (d. h. dunkle, undurchsichtige, emailartige) Glasur besitzen und meistens Nachahmungen von durch italienische Künstler des XV. Jahrhunderts (z. B. durch Rafael) ausgeführten Thongegenständen u. s. w. darstellen. Ferner bezeichnet man mit Majolika Steingutwaaren mit durchscheinender weisser Glasur auf einer den röthlichen Thon überdeckenden Lage farbigen Thons, auch Waaren mit verschieden gefärbten Thonlagen und durchsichtiger Glasur (wie z. B. die Schweizer Majoliken).

Die in der Schweiz und Frankreich hergestellten Majoliken dienen als Gebrauchsgegenstände, während die italienischen (Lucca-della-Robbia) Luxus- und Schaustücke mit reichstem figürlichen und ornamentalen Schmuck bilden.

γ) Thonpfeifen aus weissem und sich weiss brennendem, nicht eisenhaltigem Pfeifenthon, Sand und Calciumcarbonat. Die Pfeifen werden mittelst Pressen geformt, dann mittelst Glas- oder Achatstangen geglättet, hierauf getrocknet und endlich in länglichen Kapseln bei reducirender Flamme gebrannt. Thonpfeifen werden hauptsächlich in Holland (Gouda) und in der Umgegend von Koblenz fabricirt.

δ) Thonfliesen (Estrichziegel, Flurziegel, Pflastersteine, Wandfliesen). Man theilt dieselben ein in:

1. enkaustische, welche entweder in der Weise hergestellt werden, dass man zuerst das Ornament aus farbigem Thon in eine vertiefte Form presst, darauf den aus plastischem Thon zu fertigenden Grund aufbringt, mittelst hydraulischer Pressen dichtet und mit der Oberschicht vereinigt (englische Methode) — oder welche in umgekehrter Weise fabricirt werden, indem man zuerst den Grund herstellt und auf denselben das vertieft ausgesparte Ornament aus fast trockenem, gefärbtem Thonpulver aufpresst (deutsche Methode).

Zu diesen Fliesen gehören die berühmten Mettlacher, von Villeroy und Boch fabricirten, deren Bruchfläche ein vollständig scharfkörniges und äusserst gleichmässiges Gefüge besitzt, und die aus gefritteter, porzellanartiger, mit Feuerstein- oder Feldspathpulver zur Erreichung der grössten Dichtigkeit gemagerter Thonmasse bestehen, welche scharf bis zur Sinterung gebrannt wird und so hart ist, dass sie mit dem Stahl geschlagen Funken gibt. Die Mettlacher Fliesen, deren Herstellung wir im § 89 ausführlich beschrieben haben, nehmen, in kochendes Wasser getaucht, keine Feuchtigkeit an und sind äusserst wetterbeständig und fest. Böhme fand die Druckfestigkeit normal zur Lagerfläche im Mittel zu 1332 *kg* und parallel zur Lagerfläche (hochkantig) zu 890 *kg*, sowie die Bruchfestigkeit im Mittel zu 255 *kg* für das Quadratcentimeter. Die Mettlacher Fliesen werden für Trottoirpflasterungen gerippt hergestellt oder mit gekreuzten Fugen versehen, damit das Regenwasser ablaufen kann; diese Fliesen sind quadratisch gestaltet mit $16^2/_3$ *cm* Seitenlänge und besitzen eine Dicke von 3·3 *cm*. Die meist mit sehr reichen Mustern versehenen **Fussbodenfliesen** sind glatt, quadratisch mit 14·4 *cm* Seiten-

länge und 2 *cm* dick. Ein Nachtheil der Mettlacher Fliesen ist die schwierige und theuere Ausbesserung; auch ist die Waare recht kostspielig.

Aehnliche Eigenschaften besitzen die Fliesen der Sinziger Mosaikplattenfabrik, welche entweder ein Quadrat von 17 *cm* Seitenlänge oder ein Achteck von verschiedener Grösse (bis zu 20 *cm* Höhe und Breite) darstellen.

Viel verwendet werden anch die Saargemünder Fliesen von Utzschneider und Jaunez, welche folgende Formen und Abmessungen besitzen:

Quadrat mit 16 und 20 *cm* Seitenlänge;

Achteck von 20 *cm* Höhe und Breite mit quadratischen Einsatzstücken von 6·5 *cm* Seite;

Sechseck, glatt, von 10 *cm* Seitenlänge (17 *cm* Breite und 20 *cm* Höhe);

Sechseck, geriffelt, von 9·2 *cm* Seitenlänge, 16 *cm* Breite und 18·5 *cm* Höhe.

In München, sowie in anderen bayerischen Städten sind die Plättchen der Grosshesseloher Thonwaarenfabrik, in Wien und Umgegend die Fliesen der Wienerberger Gesellschaft in Inzersdorf bei Wien, in Berlin u. s. w. die Fliesen der Thonwaarenfabrik von Ernst March Söhne in Charlottenburg, in England die Fliesen von Minton, Hollins & Comp. in Stoke upon Trent u. s. w. sehr beliebt.

2. Mosaikfliesen, die aus kleinen, stark gepressten, scharfkantigen, verschieden gefärbten Thonprismen nach einem Muster trocken zusammengestellt und mit einem Kitt (z. B. Portlandcement) verbunden, häufig auch noch glasirt werden.

3. Reliefiliesen, die in ähnlicher Weise wie die enkaustischen Fliesen hergestellt werden, nur mit dem Unterschiede, dass die Fliesen nach schwachem Brennen an den erhabenen Stellen ihrer Oberfläche eine sehr leichtflüssige, gefärbte, durchscheinende Glasur erhalten, welche nach dem Einbrennen durch Schattenerzeugung sehr gut wirkt.

4. Fayence-Majolika-Fliesen aus weissem Thon oder mit weisser Engobe und undurchsichtiger Zinn-Blei-Glasur, unter oder über welcher Ver-

gebrannt wird. Aus feuerbeständigem Thon (Brauntöpferei) besteht z. B. das bekannte Bunzlauer Geschirr.

3. Backsteine (Mauersteine, Ziegel, Barnsteine).

Rohstoff. Die zur Herstellung der Backsteine zu verwendenden Thone (Ziegelerden) dürfen keine Kiesgerölle enthalten, weil dieselben beim Brennen ihr Volumen vergrössern und dabei die beim Garbrand sich verkleinernde Thonmasse zersprengen; sie müssen auch frei von gröberen Stücken kohlensauren Kalkes und von Gypskrystallen sein, weil Kalknieren und Gypskrystalle beim Brennen ihr Volumen vermindern, später durch Aufnahme von Wasser und Kohlensäure wieder vergrössern und dadurch eine Zerstörung des Backsteines herbeiführen. Ein Schwefelkiesgehalt wirkt ebenfalls sehr nachtheilig, indem sich der Schwefelkies beim gewöhnlichen (mässig-starken) Brennen in schwefliges Eisenoxydul verwandelt, und dieses an der Luft in Eisenvitriol übergeht, das allmälig auswittert und den Stein an seiner Oberfläche ganz zerstört. Besitzt die Thonmasse Magnesia und Gyps, so bildet sich beim Brennen schwefelsaure Magnesia, die ebenfalls ausblüht und die Haltbarkeit des Backsteines wesentlich beeinträchtigt. Ein Kalkgehalt macht die Thonmasse leichtflüssiger und bewirkt ein Garbrennen des Ziegels bei niedrigerer Temperatur; Glimmer, Eisenoxyd und Feldspath wirken als Flussmittel und erleichtern demnach das Zusammensintern der Thonmasse (Vergleiche § 85.)

Kennzeichen der Güte. Ein guter Backstein soll einen hellen Klang besitzen, welcher ein Zeichen von vollkommenem Brand und Risselosigkeit ist; seine Masse soll ziemlich porös, möglichst gleichmässig, ohne Kalk- oder Kieselbrocken sein und eine matte, körnige, nicht geflossene Bruchfläche besitzen; sie soll nicht mehr als $^1/_{15}$ ihres Gewichtes Wasser einsaugen und angenässt schnell wieder trocken werden; denn nimmt sie begierig und viel Wasser auf, so besitzt sie keine genügende Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit und wird, von dieser durchdrungen, leicht von Frost zerstört. Der Stein darf weder Risse, noch Sprünge besitzen und auch solche nicht erhalten, wenn man ihn glüht und dann sofort in Wasser taucht. Er darf weder abblättern, noch zerbröckeln, erweichen oder sein Volumen verändern, wenn er längere Zeit den Einwirkungen von Frost und Nässe oder einem starken Witterungswechsel ausgesetzt ist; er darf auch nicht im Feuer bersten. Das Gewicht des Backsteines soll nicht zu gross und seine Masse von solcher Härte und Gleichmässigkeit sein, dass sich der Stein leicht und gut mit dem Maurerhammer theilen lässt. Der Stein soll möglichst ebene Lagerflächen ohne Vertiefungen und möglichst scharfe Kanten besitzen, sich mit dem Mörtel gut verbinden und ein schönes, regelmässiges Aussehen haben.

Format. Um einen guten Verband in der Mauer herstellen zu können, wählt man das Format der Backsteine so, dass seine Länge gleich der doppelten Breite + 10 bis 15 *mm* (für die Mörtelfuge) ist. Die Dicke wird gewöhnlich gleich der halben Breite oder etwas kleiner oder etwas grösser als diese genommen.

Das Format ist in den einzelnen Ländern ein verschiedenes. In **Preussen ist für Staatsbauten** (laut Ministerialerlass vom 13. October 1870) **als sogenanntes Normalformat** vorgeschrieben: $l = 250$ *mm*, $b = 120$ *mm*

und $h = 65$ *mm*. Dieses Format ist auch in anderen deutschen Staaten eingeführt worden, doch bestehen neben demselben noch andere Formate. So z. B. werden in Holstein Ziegel von 230 × 110 × 50—55 *mm*, in Hamburg und Umgegend von 200 × 200 × 50 oder 215 × 95 × 53 oder 220 × 105 × 56 *mm*, an der unteren Weser von 230 × 110 × 52 oder 230—240 × 115—120 × 49—55 *mm*, in Ostfriesland von 235—250 × × 112—120 × 50—54 *mm* verwendet u. s. w. In Bayern sollen bei Staatsbauten die Mauerstärken ohne Einrechnung des Verputzes von 0·145 bis 0·30 *m* gewählt werden und bei grösserer Stärke die Zunahme je 0·145 *m* betragen; das Steinformat ist 320—340 × 160—162 × 60—67 *mm*. In anderen Ländern haben die Backsteine folgende Abmessungen:

in Württemberg: 298 × 143 × 72 (gewöhnliche Backsteine) und 298 × 97 × 72 *mm* (Glucker oder Kaminsteine);

in Baden: 270 × 135 × 60 (gewöhnliche Backsteine) und 270 × 90 × × 60 (Kaminsteine für weite Kamine) und 270 × 90 × 90 *mm* (für sogenannte Kaminklötzchen);

in Oesterreich (Wiener Bauordnung vom 17. Jänner 1883): 290 × × 140 × 65, auch 300 × 150 × 67 *mm*;

in England, im nördlichen Theil: 236 × 115 × 76 *mm*;
im südlichen Theil: 254 × 124 × 76 *mm*;
in Staffordshire: 229 × 109 × 65 *mm*;
in London und Umgegend: 228·6 × 114·3 × 63·5 *mm*;

in Italien: verschiedene Formate, 220—330 × 110—170 × 50—70, häufig 300 × 150 × 50 *mm*;

in Frankreich, Bourgogne: 220 × 107 × 55 *mm*;
Montereau und Solins: 220 × 107 × 48—50 *mm*;
Sarcelles: 210 × 95 × 50 *mm*;
Paris: 220 × 107 × 44—45 *mm*;

in Belgien und Niederlande, Mercilbrecks und Brabanter: 220 × × 105—110 × 50—60 *mm*;
Derdelings: 150 × 73 × 38 *mm*;

Babylonischer Ziegel: 350 × 350 × 90 *mm*;

Griechischer Ziegel: 296 × 296 × 148 oder 592 × 592 × 592 oder 740 × 740 × 740 *mm*;

Römischer Ziegel (dreieckig oder quadratisch): 600 × 600 × 60 oder 450 × 450 × 50 oder 200 × 200 × 40 oder 457 × 305 × 44 *mm*;

Aegypten: 410 × 200 × 100—130 *mm*;

Ziegel von Languedoc (XIII. bis XV. Jahrhundert): 330 × 250 × 60 *mm*;

Ziegel von Bourbonnes (XV. Jahrhundert): 340 × 120 × 34 *mm*.

Die Backsteine kommen in folgenden Stücken zur Verwendung:

1. ganze Steine (volle Länge, Breite und Dicke);
2. Dreiquartiere (volle Breite und Dicke und $^3/_4$ Länge);
3. Zweiquartiere oder halbe Steine (volle Breite und Dicke und $^1/_2$ Länge);
4. Quartiere oder Einquartiere (volle Breite und Dicke und $^1/_4$ Länge);
5. Kopfstücke, Längsquartiere oder Riemchen (volle Länge und halbe Breite).

Specifisches Gewicht: je nach dem Porositätsgrade schwankend zwischen 1·46 und 1·6.

Festigkeit. **Böhme** fand die mittlere Druckfestigkeit der gewöhnlichen Hintermauerungsziegel zu 206 *kg*, der Mittelbrandziegel zu 258 *kg*, der gewöhnlichen Hohlsteine zu 194 *kg* für das Quadratcentimeter; **Bauschinger** ermittelte die Druckfestigkeit der gewöhnlichen Handstrichziegel zu 158—236 *kg*, der gewöhnlichen Maschinenziegel zu 205—230 *kg*, der gewöhnlichen Verblendsteine zu 183, der nachgepressten Verblendsteine zu 195—230 *kg* (je nachdem dieselben roth- oder gelbgechlämmt waren), der gelbgeschlämmten und nicht nachgepressten Verblender zu 205 *kg*, der rothgeschlämmten und nicht nachgepressten Verblender zu 200 *kg*, der hohlen Maschinenziegel mit drei Löchern zu 150 *kg* für das Quadratcentimeter.

Nach der Classification durch den Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine soll die **Minimaldruckfestigkeit** der Ziegel 120 *kg* für das Quadratcentimeter betragen

Eintheilung. Man unterscheidet folgende Backsteinarten:

a) **Gewöhnliche Hintermauerungssteine** (**Feldbacksteine**, **Russensteine**), meistens schwach gebrannte, poröse Steine, die namentlich an solchen Stellen vermauert werden, welche gegen die Einwirkungen der Witterung, besonders der Nässe genügend geschützt sind. Diese ordinären Backsteine besitzen keine Gleichmässigkeit und sollten deshalb auf der Baustelle stets sortirt werden. Die härter gebrannten benutzt man zweckmässig zur Aufführung von der Feuchtigkeit ausgesetzten oder stark belasteten Mauern (z. B. Grundmauern, Kellermauern, Sockeln und Pfeilern), die mittelstark gebrannten am besten zu Umfassungsmauern, balkentragenden Wänden, Gewölben und Bögen, Brandmauern u. s. w. und die schwach gebrannten zu nicht balkentragenden Zwischenmauern, Ausmauerungen von Fachwerken sowie zu allen solchen Mauerkörpern, welche gegen Nässe genügend geschützt sind und nur schwach belastet werden. Die Hintermauerungssteine erhalten die oben angegebenen Abmessungen.

b) **Verblendsteine** (**Verblender**, **Verkleidungssteine**, **Blend-**, **Klopf-**, **Presssteine**). Die Verblendsteine werden, wie wir bereits bei Besprechung ihrer Herstellung im § 89 hervorgehoben haben, aus sorgfältig homogenisirtem Thon bereitet und nach ihrem Formen in lederhartem Zustand nachgepresst

und beschnitten, um Steine mit durchaus scharfen Kanten und ebenen Flächen zu erhalten. Sie stellen demnach die saubersten Ziegel dar. Verblender sollen eine gleichmässige reine Farbe, gleiche Grösse und, weil sie an den Aussenflächen der Häuser verwendet werden, grosse Wetterbeständigkeit besitzen und nach der Farbe ausgesucht werden. Man stellt sie voll oder, um an dem werthvollen Rohstoff zu sparen, hohl sowie ebenso gross wie die Hintermauerungsziegel oder besser etwas grösser her, damit man die Verblendung mit engeren Fugen ausführen kann. Auf der 15. Generalversammlung des »Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln u. s. w.« im Jahre 1879 wurde beschlossen, das Format der Verblendsteine zur Herstellung feinerer Rohbauten so gegenüber dem deutschen Normalformat zu vergrössern, dass Lager- und Stossfugen eine gleichmässige Breite von 8 *mm* erhalten, also den Verblendern eine Länge von 252 *mm*, eine Breite von 122 *mm* und eine Dicke von 69 *mm* zu geben. (Will man noch engere Fugen, z. B. 5 *mm* breite erhalten, so ist das Format der Verblender 255 × 125 × 70 *mm* zu wählen.) Bei feinen Verblendern sollen (nach dem Vereinsbeschluss) die Abweichungen in den Abmessungen der Steine untereinander 1 *mm* nicht überschreiten; die Wandstärken sollen bei äusseren Verblendsteinen nicht weniger als 20 *mm* betragen; die Löcher müssen bei senkrecht gelochten Steinen (Eck-, Profil- und Bogensteinen) zur Vermeidung von Mörtelverlust und starkem Setzen des Mauerwerkes nicht grösser sein als von 15 *mm* Durchmesser.

Die Verblendsteine werden als $^4/_4$-, $^3/_4$-, $^1/_2$-, $^1/_4$-, $^3/_8$ und sogar $^1/_8$ Steine hergestellt. Die Langloch-Verblender erhalten gewöhnlich zwei Verblendflächen, werden aber nur nach einer ausgesucht. Die an den Mauerwerken, Pfeilern u. s. w. nothwendigen Ecksteine besitzen zwei aneinander grenzende Verblendflächen und müssen daher, wenn hohl, rechtwinklig zur Lagerfläche stehende Durchlochungen erhalten. (Vergleiche Hohlsteine und Formsteine.)

V. Hagen empfiehlt Verblendsteine mit 1 *cm* grossen Abfasungen an den Kanten (Fig. 171), um letztere gegen Beschädigungen zu schützen und die Steine dauerhafter zu machen.

c) Poröse Steine (Tuffziegel). Um das Gewicht der Backsteine

zu 3·8—7·5 *kg* für das Quadratcentimeter, Bauschinger fand die Druckfestigkeit der Tuffziegel zu nur 31·5 *kg* für das Quadratcentimeter, Hauenschild giebt die Festigkeitsverminderung gegenüber gewöhnlichen Hintermauerungsziegeln zu 60—80% bei Steinen mit 50% Hohlräumen und darüber an. Ein weiterer Nachtheil besteht nach Hauenschild (siehe »Handbuch der Architektur«, Abth. I, Bd. I, S. 94) darin, »dass die Asche der Gemengtheile bei scharfem Brand häufig mit der Thonmasse Schmelz giebt und dadurch den Zusammenhang gefährdet, und dass solche Steine, der Witterung ausgesetzt, gewöhnlich Ausblühungen von Alkali-Carbonat zeigen, welches der Dauerhaftigkeit sehr abträglich ist«. Man kann sie deshalb auch nicht zu Aussenmauern verwenden, wenn man sie nicht durch einen Cementputz oder durch Verblendung mit guten Hohlsteinen u. s. w. gegen Feuchtigkeit schützt. Da sie aber schlechte Wärmeleiter sind, so eignen sie sich recht gut zu Fachwerksausmauerungen, zur Herstellung von leichten Gewölben (namentlich von Kuppelgewölben), zur Aufführung von standfestem Mauerwerk von grosser Leichtigkeit, das nur eine mässige Tragfähigkeit zu besitzen braucht, u. s. w.

d) Hohlsteine. Zu diesen gehören sowohl die gewöhnlichen Hintermauerungssteine wie die Verblender, denn die Hohlsteine stellen Ziegel von gewöhnlichem Formate und derselben Thonmasse, sowie von der gleichen Herstellungsweise wie jene dar, nur dass sie mit Durchlochungen versehen sind. Die Oeffnungen sind viereckig (quadratisch oder rechteckig) oder kreisrund; ihre Zahl ist verschieden. Entweder besitzen die Hohlsteine nur eine einzige grosse Oeffnung, so dass sie einen an beiden Enden offenen Kasten darstellen, oder sie sind mit mehreren Durchlochungen versehen, welche entweder parallel der Länge (Hohlziegel mit Längslöchern) oder parallel der Breite (Hohlziegel mit Querlöchern) oder lothrecht zur Lagerfläche des Steines (Lochsteine) angeordnet sind und Wandungen von gleicher Stärke (gewöhnlich von 1·5—2·5 *cm*) übrig lassen. Hohlziegel mit Längslöchern können nur als Läufer benutzt werden, solche mit Querlöchern dienen als Binder und die sogenannten Lochsteine als Eckziegel (besonders in England). In neuerer Zeit werden auch mit Hilfe der von Becherer & Kessler in Greifswald construirten Einsatzformen für Ziegelpressen Längs- und Querhohlsteine in der Weise hergestellt, dass die Löcher nicht vom einen Ende bis zum anderen reichen, dass also die Steine fünf volle Seiten haben und auch als Ecksteine benutzt werden können. Diese Ecksteine sind den Steinen mit lothrecht durchbohrten Wänden vorzuziehen, weil bei letzteren die wagrechten Mörtelfugen sich nur schwer ausführen lassen und solche Steine viel Mörtel schlucken, auch sich in ihre Höhlungen Mörtel eindrückt, wodurch ein stärkeres Setzen des Mauerwerkes herbeigeführt wird.

Theilstücke der durchlochten Steine werden am besten von den Ziegeleien bezogen, können aber auch durch Behauen mit dem Maurerhammer gewonnen werden. Um das Theilen von Verblendsteinen zu erleichtern und auf dem Bauplatz nicht zu viele Theilstücke lagern zu lassen, hat Rühne Normalverblender (sogenannte Universalsteine) fabricirt, welche sich bequem zerschlagen lassen. (Fig. 172.)

Für die Wände werden halbe und für die Ecken $^3/_4$-Steine hergestellt, welche mit einem Spaltschlitz zwischen zwei Hohlräumen und mit einer entsprechenden Nut auf einer Seite ausgestattet sind, so dass beim Dreiquartier durch einen Schlag mit dem Maurerhammer ein halber und $^1/_4$-Stein,

beim Zweiquartier zwei $^1/_4$-Steine gewonnen werden können. (Bezugsquelle: Helmstedter Thonwerke.)

Je plastischer die Thonmasse ist, desto mehr Hohlräume kann der Stein erhalten; die Zahl der Löcher schwankt zwischen 1 und 9, die Zahl der Lochreihen zwischen 1 und 3. Hohlsteine mit kreisrunden Löchern sind tragfähiger als solche mit viereckigen. Einige Hohlsteine zeigen die Figuren 173—177.

Die Hohlsteine besitzen vor den Vollziegeln folgende Vorzüge: sie sind leichter, trocknen schneller und gleichmässiger, brauchen zum Garbrand eine geringere Hitze und brennen sich bei gleicher Hitze gleichmässiger und schärfer, sie lassen sich schneller formen und leichter transportiren, gebrauchen zu ihrer Herstellung weniger Thonmasse, trocknen vermauert schneller aus, sind schlechte Wärme- und Schallleiter, nehmen weniger Wasser auf und besitzen nach Tetmajer in Folge grösserer Verdichtung ihrer Masse und gleichmässigeren Durchbrennens eine grössere Festigkeit.

Dickwandige Hohlsteine im deutschen Normalformat wiegen 1200 *kg*, dünnwandige nur 1160 *kg* pro Cubikmeter.

Die Hohlsteine benutzt man zur Aufführung hohler, trockener Mauern, zum Verblenden von Vollziegelmauerwerk als Schutzmittel gegen Feuchtigkeit, zum Ausmauern von abgesprengten Fachwerkswänden, zur Herstellung von Gewölben (namentlich preussischer Kappen) u. s. w. Die horizontal gelochten Verblendsteine werden auf der Lagerfläche mit Rillen (Riefen) versehen, um bei den engen Fugen des Verblendmauerwerkes einen grösseren Raum für den Mörtel zu erhalten und einen besseren Zusammenhang des Mauerwerkes zu erzielen (Fig. 178); oft ordnet man auch grössere Vertiefungen an (Fig. 179).

Zur Herstellung von Zwischendecken (Ausfüllung von Balkenfachen) hat man Hohlsteine mit Nut und Feder geformt, so dass die Steine ineinandergreifen (Fig. 180), ferner hat man für Stalldeckenconstructionen eigenthümlich gestaltete Hohlsteine fabricirt (Figuren 181—183). Derartige Decken verhindern das Aufsteigen der Dünste in die über dem Stalle liegenden Räume. Sodann hat Jennings in England Hohlsteine aus Steingutmasse eingeführt (improved patent bonding bricks), welche vollständig dicht sind und als

»Es ist wünschenswerth und der Verbreitung des Backsteinrohbaues förderlich, wenn auf den Ziegeleien neben den gewöhnlichen Verblendsteinen, Dreiquartiren u. s. w. auch eine Anzahl einfacher und häufig wiederkehrender Profilsteine vorräthig gehalten wird. Die Steine sind auf allen Ziegeleien als Normalsteine mit denselben fortlaufenden Nummern zu bezeichnen, welche sich nur auf das Profil beziehen, wogegen Steine desselben Profils, jedoch in abweichenden Längen, keilförmig u. s. w. durch hinzugefügte Buchstaben zu bezeichnen sind, also z. B. *4a*, *4b* u. s. w. Behufs leichterer Einbürgerung solcher Normalformen sind davon nur 12 aufzunehmen (Fig. 185):

Nr. 1: Kleiner Schmiegestein, 187 *mm* lang (Schmiege 70 *mm* lang);

Nr. 2: Grosser Schmiegestein, 252 *mm* lang (Schmiege 110 *mm* lang);

Nr. 3: Achteckstein wie Nr. 2 (jedoch mit rechteckiger Stossfuge);

Nr. 4—7: Einfache Profilsteine, in der Grösse eines Dreiquartiers (187 *mm* lang);

Nr. 8—12: Einfache Gesimssteine, 252×122×69 *mm*, das Profil an der langen Seite (Nr. 8: Abwässerung, 9: Rundkant, 10: Hohlkant, 11: Wulst, 12: Wassernase).

Zu den Steinen Nr. 8—12 sind möglichst auch Ecksteine (im rechten Winkel) 122 *mm* und in den Seiten so lang vorräthig zu halten, dass nach Abzug des Profils $^1/_2$ beziehungsweise $^3/_4$ Stein von der Ecke aus übrig bleibt.«

Ausser diesen Formsteinen sind in neuerer Zeit auch Schrägsteine unter der Bezeichnung A, B und C von demselben Verein angenommen worden (Fig. 186), sowie eine Abänderung des Formsteines Nr. 8 (Fig. 187). Alle diese Formsteine werden gewöhnlich mit entsprechenden Durchlochungen hergestellt.

In Oesterreich wurden am 14. April 1883 vom Oesterreichischen Ingenieur- und Architektenverein die in den Figuren 188 und 189 dargestellten Normalien angenommen, deren Abmessungen auf dem österreichischen Normalformate (290 × 140 × 65 *mm*) beruhen. Diese Normalien enthalten neben den, mit römischen Ziffern bezeichneten 12 Profilsteinen (7 aus der Steindicke gebildeten Sockel- und Gesimsgliederungen, 4 aus der Steinbreite geschnittenen Eckprofilen für Pfeiler und Fenstergewände, 1 der Steinbreite entsprechenden Consolstein), 13 Supplementarformen. Zu den Gesimsformen gehören ferner äussere und innere, beziehungsweise rechte und linke Eckstücke, zu den Kantensteinen Anfangssteine und Steine mit doppeltem Profil. (Siehe »Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architektenvereines« 1883 und »Deutsche Bauzeitung« 1883.)

In Wien kommen Gesimssteine zu Verwendung, welche 474—632 *mm* lang, 158—210·7 *mm* breit und 92—118·5 *mm* dick sind.

Die Profilsteine werden (wie die Verblender) an ihren Aussenflächen häufig engobirt oder glasirt. Ueber das Formen der Profilsteine vergleiche § 89.

Gewölbsteine (Keilsteine) sind entweder nach der langen oder nach der schmalen Seite verjüngte (keilförmige) und nach einem Kreisbogen von gewöhnlich 4—4·5 *m* Durchmesser geformte Steine, welche zur Herstellung von Gewölben und Bögen dienen (Fig. 190). Für 1 Stein starke Gewölbe wählt man häufig Keilsteine von 270—290 *mm* Länge, 130—150 *mm* Breite, 100 *mm* oberer und 70 *mm* unterer Dicke. In Wien finden hierzu Steine

von 237 *mm* Länge, 158 *mm* Breite und 65·8 *mm* grösster Dicke Verwendung, deren Keilform nach dem Halbmesser der Wölbung besonders bestimmt wird. Für halbsteinstarke Bögen benutzt man Steine, deren Schmalseite die Trapezform besitzt. Steine von nur 3·5—4·5 *cm* keilförmiger Dicke dienen zum Einsetzen zwischen die Gewölbsteine, wenn das Gewölbe eine falsche Form anzunehmen droht. Die Verwendung von Keilsteinen zu Gewölben und Bögen statt der gewöhnlichen Mauersteine ist sehr zu empfehlen, weil die gewöhnlichen Steine häufig erst mit dem Maurerhammer zurechtgehauen werden müssen, wobei sie an Tragfähigkeit erheblich einbüssen.

Brunnensteine werden meistens nach einem Durchmesser von 1·5—2 *m*, der Weite des Brunnens entsprechend, am inneren Haupt abgerundet, so dass sie, zu einem Ringe (Kranze) zusammengelegt, einen vollen Kreisbogen bilden, ausserdem werden sie keilförmig gestaltet (Fig. 191). Man stellt diese Steine meist nur in zwei Grössen her: mit 300 *mm* Länge, 140 *mm* mittlerer Breite und 60 *mm* Dicke oder 250 *mm* Länge, 110 *mm* mittlerer Breite und 60 *mm* Dicke.

Kaminsteine dienen zum Aufmauern sogenannter russischer Röhren von 10—30 *cm* Lichtweite und kreisrunder Dampfschornsteine. Besonders geformte Kaminsteine empfehlen sich aber nur zu nichtgezogenen (senkrecht stehenden) Schornsteinen. Diese Steine werden für jeden Durchmesser besonders geformt. Figur 192 stellt die beiden Schichten einer, aus Formsteinen gebildeten, russischen Röhre dar. In Figur 193 ist ein Doppelschornstein aus Formsteinen abgebildet. Figur 194 zeigt hohle, vom Ziegeleibesitzer Winter in Karlsruhe fabricirte Kaminsteine, welche ihrer schlechten Wärmeleitungsfähigkeit wegen sich ganz besonders gut zur Herstellung von Rauchröhren eignen.

Auch beim Verband runder Pfeiler kommen besonders geformte Steine zur Verwendung. Der Verband ist in der Weise auszuführen, dass die Stossfugen normal zur Tangente des Bogens gerichtet sind und bei zwei unmittelbar aufeinander folgenden Schichten nicht in die gleiche lothrechte Ebene fallen. Figur 195 zeigt den Querschnitt eines kreisrunden, im Kreuz-

lichst nur auf der Mitte der Ziegel zum Ablauf zu bringen. Am anderen Schmalende, in der Mitte, besitzen sie einen Haken (Nase) von etwa 2 *cm*² Querschnitt und 2 *cm* Vorsprung oder einen aufgebogenen Rand zum Anhängen an die Dachlatten. (Vergl. Fig. 99 und § 89). Die Biberschwänze müssen so gut gebrannt sein, dass ihre Porosität nicht mehr als etwa 16% beträgt. Ihre Oberfläche soll möglichst eben sein; man versieht sie häufig mit kleinen Rinnen (Rillen) zur Ableitung des Regenwassers. Format: 360 × 150 × 12—15 *mm* (gebräuchliches Mittelmaass) oder 365 × 155 × 12 *mm* (deutsches Normalmaass), auch grösser: bis 480 × 180 × 15 *mm*. Am Anfang und am Ende der Dachfläche (am Ort oder den Giebelkanten) sind halbe Biberschwänze für den Verband nothwendig, welche gewöhnlich die halbe, aber auch nur ein Drittel der Breite der ganzen Ziegel besitzen (Ort-, Schnitt- oder Anziegel), für die Walme Ziegel, die unten breiter, und für die Kehlen solche, die unten schmäler sind, wenn man nicht Hohlziegel zum Eindecken der Walme und Kehlen benutzt. Figur 200 zeigt einen sogenannten Schwenkziegelbiberschwanz, der zum Eindecken von Walm- und Kegeldächern dient, und Figur 201 einen Spaltbiberschwanz, der sich in $^1/_2$, $^1/_4$ und $^3/_4$ spalten lässt (Kodersdorfer Fabrik).

β) Hohlziegel (Pfannen, Krämpziegel u. s. w.). Dieselben kommen in verschiedenen Gestalten zur Verwendung. Die zur Bildung des Hohlziegel- oder Rinnendaches dienenden Steine haben die Form eines halben, nach seiner Achse durchgeschnittenen, hohlen, abgestumpften Kegels und besitzen an der convexen Seite des dickeren Endes eine Nase, mit der sie an die Dachplatten gehängt werden. Man überdeckt sie mit einer umgekehrt liegenden Ziegelreihe, welche Nasen an der äusseren Mantelfläche des schmäleren Endes und oft noch (namentlich bei steilen Dächern) ein Nagelloch über der Nase besitzen. Die unten liegenden Hohlziegel nennt man »Nonnen«, die oben liegenden »Mönche« (Fig. 202). Jeder obere Mönch stützt sich gegen die Nase des tieferliegenden. Die Eindeckung der Dachfirst geschieht am besten mit besonderen Firstziegeln, welche seitlich mit Muffenansätzen zur Aufnahme der obersten Deckziegelreihe ausgestattet sind. Die Hohlziegel werden meistens 400 *mm* lang, im Mittel 200 *mm* breit und 18 *mm* dick gewählt.

Zur Eindeckung der First bei Biberschwanzdächern benutzt man Hohlziegel gleicher Gestalt (Fig. 203), welche 370—470 *mm* lang, am einen Ende 120—160 *mm*, am anderen 170—200 *mm* breit und 15 *mm* dick sind. Dieselben Ziegel dienen auch zur Eindeckung der Grate solcher Dächer; man kehrt sie dann mit dem weiteren Ende nach unten und nagelt, wenn der Grat sehr steil ist, jeden zweiten bis vierten Ziegel auf die Unterlage, so dass der Nagelkopf vom nächsten Hohlziegel überdeckt ist. Die Kehlen werden ebenfalls durch diese Hohlziegel gebildet, indem man die Steine mit der Höhlung nach oben verlegt, so dass sie eine Rinne bilden; die Ränder dieser Hohlziegel werden durch die benachbarten Biberschwänze überdeckt.

Bei der Herstellung der Hohlziegeldächer kann man auch statt der »Nonnen« trapezförmig gestaltete Thonplatten mit aufgebogenen Rändern verwenden und dieselben mit Hohlziegeln überdecken (italienisches Dach). Erstere erhalten eine Länge von 400—420 *mm*, eine obere Breite von 340 und eine untere von 260 *mm*, während die Deckziegel von derselben Länge, aber oben 170 und unten 225 *mm* breit gewählt werden.

Diese Eindeckung ist auch bei flacheren Dächern anwendbar und leichter als die gewöhnliche Eindeckung mit »Nonnen« und »Mönchen« (Fig. 204).

Viel verwendet wurden früher in Deutschland und Holland die auch heutzutage noch für Gebäude auf dem Lande benutzten Pfannen oder holländischen Pfannen, welche im Querschnitt wellenförmig (nach einem liegenden S) gestaltet und bis 400 *mm* lang, 300—320 *mm* breit und 12—18 *mm* dick gewählt werden und meistens eine trapezförmige Form erhalten, um ein festeres Uebereinanderschieben der Ziegel zu ermöglichen (Fig. 205). Zur Eindeckung der First benutzt man auch bei den Pfannendächern Hohlziegel von der in Figur 203 abgebildeten Gestalt.

Zu erwähnen ist auch der Krämpziegel (Fig. 206), welcher an der einen Langseite einen Rand, an der anderen zwei entgegengesetzt umgebogene Ränder besitzt, meistens 340 *mm* lang, 200 *mm* breit und 13 *mm* dick und mit einer Nase am oberen Ende der Innenseite versehen ist. In die aufwärts gebogene Wasserkrämpe greift die abwärts gebogene Schlusskrämpe ein. Die Krämpen haben eine Dicke von 2 *cm*. Der mittlere Theil der Krämpziegel ist flach.

Die Figuren 207—213 zeigen einige, von der »Schlesischen Dachfalzziegel-, Chamotte- und Schornsteinklinker-Fabrik Kodersdorf« fabricirte Dachziegel und zwar stellt Figur 207 einen profilirten Firstziegel für gewöhnliche Dächer dar, Figur 208 einen solchen für steile (z. B. Kirchen-) Dächer, Figur 209 einen Firstanfänger und -Ender mit Löwenkopf, Figur 210 einen verzierten First- und Gratziegel, Figur 211 eine First- und Gratblume, die mittelst Zapfen auf First- und Gratziegel befestigt wird, Figur 212 eine Firstkreuzung, Figur 213 eine Walmkappe.

Zur Beleuchtung des Dachraumes benutzt man sogenannte Lichtziegel, welche mit einem Ausschnitt und Falz zur Aufnahme der Glasscheibe versehen werden.

γ) Falzziegel. Dieselben finden in neuerer Zeit wegen ihrer Vorzüge immer mehr Verbreitung. Die Falzziegeldächer vermögen Stürmen zu widerstehen, lassen sich vollständig wasserdicht herstellen (was bei den Biber-

der Ziegel beim Brennen eintritt. Man unterscheidet bei den Falzziegeln zwei Formate: das grössere Format hat 320—340 *mm* Länge und 200—215 *mm* Breite, das kleinere 225—245 *mm* Länge und 190—200 *mm* Breite.

Die Falzziegel werden mit einem einfachen oder doppelten Falz versehen und massiv oder mit Hohlräumen hergestellt. Die Doppelfalzziegel sind den einfachen Falzziegeln vorzuziehen, weil der zweite (innere) Falz ein Vordringen von Regen und Schnee, die durch Wind über den ersten Falz gejagt wurden, verhindert.

Die einfachste Form eines Falzziegels stellen die Quadratziegel (Fig. 214) dar. Dieselben besitzen eine Seitenlänge von 21—26 *cm*, eine Dicke von 2·5 *cm* und zwei aufwärts, sowie zwei abwärts gehende Falze. Sie werden mittelst einer, in der oberen Ecke des Quadrates angeordneten, Nase in diagonaler Richtung auf die Latten gehängt. Ein Quadratziegel von 21 *cm* Seitenlänge wiegt trocken 1·21 *kg*, wassersatt etwa 2 *kg*.

Einen gebräuchlichen Falzziegel mit einem Falz zeigt Figur 215; die Nasen *b* dienen dem Ziegel auch am unteren Ende als Stützpunkte und in die Vertiefungen *a* greifen die Nasen des überdeckenden Ziegels ein; gleichzeitig gewähren die Nasen einen Schutz gegen das Hineintreiben von Regen. Aehnlich ist der Falzziegel in Figur 216 gestaltet. Beide Falzziegelarten eignen sich besonders zu Dachflächen, welche dem Winde stark ausgesetzt sind. In Figur 217 ist die Eindeckung mit Falzziegeln von Waldmann in Hottingen bei Zürich im Maasstabe 1 : 30 dargestellt; diese Ziegel besitzen ebenfalls nur einen Falz und werden auch in Cement, Gusseisen und Glas mit entsprechenden Abänderungen angefertigt oder in der Mitte eben gestaltet und dann mit einem Ausschnitt zur Aufnahme einer Glasplatte versehen, um den Dachraum zu beleuchten. Einen sogenannten Muldenfalzziegel der Kodersdorfer Fabrik zeigt Figur 218; zur Beleuchtung der Bodenräume werden an geeigneten Stellen Ziegel gleicher Form aus Glas eingedeckt. Zwei Schlickeysen'sche Falzziegel wurden bereits früher (in den Figuren 105 und 106) im Bilde vorgeführt. Ein Doppelfalzziegel guter Form ist in Figur 219 in der Ober- und Unteransicht, sowie in den Schnitten abgebildet. Solche Ziegel wiegen pro Stück 2·67 *kg* und werden im Wasser etwa um 0·5 *kg* schwerer. Der in Figur 220 dargestellte M. Dumont'sche Falzziegel findet besonders im nördlichen Frankreich vielfache Verwendung; diese Ziegel sollen selbst bei einem Neigungswinkel des Daches von 20—25° nicht vom Winde abgehoben werden können und sehr gut schliessen.

Einen Falzziegel mit Wasserverschlussfalzen hat Ch. Lesmeister in Aachen construirt (Figuren 221 und 222). Beim Zusammenlegen der Ziegel schieben sich die Falze ineinander, so dass ein Eintreiben von Wasser und Schnee vollständig verhindert wird. Die Deckung zweier Falzziegelreihen ist aus Fig. 222 ersichtlich; die Ziegel haben am oberen Ende eine Rinne *a* zur Ansammlung und Abführung des Dunstwassers.

Der von Eustach Neumann in Berlin erfundene verbesserte Muldenfalzziegel (Fig. 223—228) zeichnet sich durch die doppelten und dreifachen Falze an Kopf und Seiten aus. Figur 225 zeigt den Doppelschluss am Kopfe, Figur 228 den dreifachen Schluss am Kopfe, Figur 224 den Doppelschluss der Falze.

Einen Schuppenfalzziegel stellen die Figuren 229 und 230 in der Ober- und Unteransicht dar; die am oberen Ende der Rückseite ange-

brachten Vertiefungen sind für das Ineinandergreifen der Ziegel nicht erforderlich und werden nur mit Rücksicht auf eine gleichmässige Vertheilung der Masse hergestellt.

In neuerer Zeit werden von vielen Ziegeleien sogenannte Strangfalzziegel fabricirt, die eigentlich nur eine Verbesseuung des Biberschwanzes darstellen und nicht alle die guten Eigenschaften der eigentlichen Falzziegel besitzen. Wir haben bereits im § 89 näher beschrieben, wie diese Ziegel aus einem aus der Schneckenpresse heraustretenden Thonstrang gefertigt werden, und zwei Schlickeysen'sche Strangfalzziegel in den Figuren 104 und 108 gezeigt. Weitere Formen stellen die Figuren 231—234 dar, und zwar zeigt Figur 231 den Strangfalzziegel von Schmid-Kerez, Figur 232 den Hohlstrangfalzziegel von Eggimann, Figur 233 das Kodersdorfer Modell eines solchen, Figur 234 einen Hohlstrangziegel der Friedrichsruher Thonwerke zu Reinbeck bei Hamburg.

Endlich muss noch der Schuppenfalzziegel der Kodersdorfer Fabrik (A. Dannenberg) erwähnt werden, welcher zum Eindecken von Kegeldächern kleinerer runder Thürme, Wasserthürme, Locomotivschuppen u. s. w. dient (Fig. 235).

Sehr zahlreich sind die Modelle für Hohlziegel, Falzziegel, Doppelfalzziegel, Strangziegel und Hohlstrangziegel, da fast jede Dachziegelfabrik ihre eigenen Formen besitzt. Es würde hier viel zu weit führen, näher auf diese Thonwaaren einzugehen; wir müssen uns daher mit obigen Angaben begnügen und Interessenten auf die Specialliteratur verweisen.

Als Kennzeichen guter Dachziegel sind anzuführen: gleichmässige, feinkörnige Bruchfläche ohne eingesprengte Kalkstückchen, genügende Festigkeit (durch Schlag auf den hohl gelegten Ziegel zu ermitteln), schnelle Abtrocknung nach stattgehabtem Annässen, heller Klang (als Zeichen grösserer Dichtigkeit), glänzendes Aussehen (als Zeichen grösserer Härte), glatte Oberfläche (eine rauhe Oberfläche behindert den schnellen Regenwasserablauf und begünstigt das Ansetzen von Moos, durch dessen feine Wurzeln die oberste Schicht der Ziegel gelockert wird, daher Glasur empfehlenswerth), kein Zerspringen

bestehende Form abgenommen, und das Stück von einem Bildhauer oder Modelleur nachgebessert und geebnet. Dann erfolgt das Austrocknen in einer Trockenkammer, deren Temperatur allmälig gesteigert wird, und endlich das Brennen. Letzteres wird behufs Erzielung eines reinen Farbentones und Verhütung eines Aschenanfluges am besten in einem Ofen mit Gasfeuerung vorgenommen. Benutzt man zum Brennen periodische Oefen mit Steinkohlen- u. s. w. Feuerung, so muss das Stück in Thonkapseln gebrannt oder mit ordinären Thonwaaren umbaut (eingekastelt) werden. Zur Erzeugung einer möglichst grossen Wetterbeständigkeit ist ein scharfer Brand nothwendig. Damit kein Verziehen und kein ungleichmässiges Schwinden beim Brennen eintritt, muss das Stück eine möglichst gleiche Dicke erhalten, auch sind die nicht flächenförmigen Terracotten hohl herzustellen. Man spart hierbei auch an Masse, die ihrer sorgfältigen Herstellung wegen einen ziemlichen Werth besitzt. Um möglichst viel von dieser Terracottamasse zu ersparen, hat man auch die Stücke aus einem Kern von gewöhnlichem Töpferthon mit einer Aussenschicht aus Terracottamasse hergestellt.

Die Terracotten werden nach ihrer Austrocknung meistens mit verschieden gefärbtem Thonschlamm (weissem, gelbem oder rothem in allen Nuancen) engobirt; man versieht sie auch zuweilen mit Verzierungen, dagegen erhalten sie niemals eine Glasur. Vor den natürlichen Steinen zeichnen sie sich durch ihre grössere Leichtigkeit und leichte Formgebung aus, auch dadurch, dass man ein Originalstück mit Leichtigkeit vervielfältigen kann. Die Festigkeit der Terracotten ist eine ziemlich grosse; Pulham fand die Tragfähigkeit guter englischer Waare im Mittel zu 430 *kg* für das Quadratcentimeter. Die Untersuchungen mit Stücken aus der berühmten Thonwaarenfabrik von Ernst March Söhne in Charlottenburg bei Berlin ergaben Folgendes: eine 39 *cm* hohe Console mit 2 *cm* Wandstärke und 66 *cm* freier Ausladung zerbrach erst bei einer Belastung von 1995 *kg*, die in der Mitte angeordnet war, eine Unterconsole von 21 *cm* Höhe und 38 *cm* Ausladung bei 725 *kg*, eine Oberconsole von 32 *cm* Höhe und 52 *cm* Ausladung bei 2027·5 *kg*, Unter- und Oberconsole dieser Abmessungen miteinander verbunden erst bei 5353 *kg*; die Gesimsconsolen waren dabei mit einer $1^1/_2$ Stein starken Mauer fest vermauert und nach der ganzen Ausladung noch mit Ziegeln in Gypsmörtel übermauert. Ein 24 *cm* hohes, 110 *cm* langes Architravstück mit fast quadratischem, kastenförmigem Querschnitt, brach bei 3513 *kg* bei freier Auflagerung seiner Enden und Belastung in der Mitte. (Vergl. »Handbuch der Architektur«, 1895, 1. Th., Bd. I, S. 121.)

Verwendung: Zu Kapitälen, Säulenschäften (bis 6·5 *m* Höhe), verzierten Gesimsgliedern, Voluten-Consolen, Statuen (bis 5 *m* Höhe), Karyatiden (bis 2·5 *m*), Portalverzierungen, Kreuzblumen, Thurmspitzen, Spitzbogenfenstern, Rosetten, Medaillons, Trophäen, Denkmälern (z. B. Kriegerdenkmal in Kiel), Wappenschilder u. s. w.

Zum Härten und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit schwach gebrannter Terracotten empfiehlt Kessler Thonfluat. (Vergl. § 54.)

h) Feuerfeste Steine. Zu ihrer Herstellung benutzt man einen an Kieselsäure und Thonerde reichen, aber an Kalk, Eisen und Alkalien armen, sorgfältig zubereiteten Thon, der zur Erhöhung der Strengflüssigkeit (Feuerbeständigkeit) und zur Verhütung des zu starken Schwindens und Reissens beim Brennen mit stark gebranntem, pulverisirtem Thon (Chamotte) oder mit

unverglasten, gemahlenen Porzellankapselscherben oder mit Sand, Kohle, Coaks, Steinzeugscherben, Serpentin, Talk, Graphit vermischt wird.

Man unterscheidet folgende Arten:

a) Dinassteine (Quarzziegel, Flintshiresteine, Dinabricks). Dieselben werden zumeist (und in England stets) aus dem groben Pulver eines hellgrauen, der Silurformation entstammenden Sandsteines bereitet, welcher vom Dinafelsen im Vale of Neath in Glamorganshire bezogen wird und nach Weston etwa 97—98% Kieselsäure, 1—2% Thonerde, 0·2—0·5% Eisenoxydul, 0·4% Kalkerde, Kali und Natron enthält und somit fast reinen Quarz darstellt. Das grobe Gesteinspulver, welches man durch Mahlen dieses, ziemlich leicht zu Sand zerfallenden Sandsteines zwischen eisernen Quetschwalzen oder in Kollergängen u. s. w. gewinnt, wird mit 1—2% Kalk und Wasser zu einem steifen Brei verarbeitet. Der verwendete Kalk soll sich rein weiss brennen und beim Löschen keinen Rückstand ergeben; man setzt ihn in Form von Kalkmilch, Kalkwasser oder Aetzkalk als Bindemittel zu. Statt Kalk hat man auch Eisenoxyd gewählt, doch empfiehlt sich dieser Ersatz nicht, weil er die Festigkeit des Steines vermindert. Eine französische Firma (Mousset, Bedin u. Comp.) formt diese feuerfesten Steine mit Wasser und Roggenmehl oder Leim, österreichische Fabriken wenden Kalk und Thon (1—2·5%) vereinigt an oder benutzen als Bindemittel Magnesia. Auch ein Zusatz von Schwefelsäure ist empfohlen worden, damit sich schwefelsaurer Kalk bilde, der das Formen erleichtert, dem geformten Steine einen grösseren Zusammenhang verleiht und beim Glühen, indem er sich zersetzt, die Schmelzbarkeit befördert. (Vergl. C. Bischof, a. a. O., S. 347 und 348.)

Die sorgfältig getrocknete Masse wird in eiserne Formen mittelst Handpressen gedrückt, dann auf eisernen Unterlagen in geheizten Kammern getrocknet, hierauf sieben Tage lang bei bedeutender Hitze bis zur Sinterung, die durch den beigemengten Kalk, die Alkalien u. s. w. befördert wird, im Ofen gebrannt und schliesslich sieben Tage lang abgekühlt. Beim Brennen schwindet die Masse um etwa 10%.

Statt des Dinassandstein benutzt man auch Quarzsand oder gemahlenen

versehener Grundmasse, in der gröbere, bis zur halben Erbsengrösse messende, auch einige grössere Sandsteinstückchen von weisser oder grauer Farbe eingebettet liegen.

Man benutzt sie zum Bau von Stahl-, Schweiss-, Flamm-, Glas- und Porzellanöfen, besonders zu Glasofenkappen, Wannenblöcken, Gewölben in sogenannten Martinsöfen (zur Stahlgewinnung) u. s. w. Als Mörtel dient sogenannter Dinascement aus reinem Quarzmehl oder pulverisirtem Dinassandstein bester Beschaffenheit und Wasser.

Da diese feuerfesten Steine, wie bemerkt, sehr hygroskopisch sind, so hat man sie in trockenen Räumen aufzubewahren und vor ihrer Verwendung behufs Beseitigung der Feuchtigkeit anzuwärmen.

b) Chamottesteine. Dieselben werden aus rohem feuerfesten Thon und Chamotte (das heisst vorher gebranntem und zerkleinertem feuerfesten Thon oder durchgebrannten Abfällen von Kapselscherben u. s. w.) hergestellt. Die schwer schmelzbaren und dauerhaften Chamottesteine der Königlichen Porzellanmanufactur zu Berlin bestehen aus Halle'schem Kaolin und Porzellankapselscherben, einige belgische Steine aus 1 Masstheil rohem Thon und 1 Masstheil gebranntem, die Chamottesteine der Stettiner Chamottefabrik A. G. (vormals Didier) aus gebranntem Schiefer, sehr wenig Kaolin (aus Bornholm) und etwas bestem fetten Thon, die englischen Garnkirksteine aus 3 Theilen rohem (verwittertem) Schieferthon und 1 Theil gebranntem Thon, die Steine von Stourbridge nur aus ungebranntem Schieferthon u. s. w.

Die Chamottesteine schwinden beim Brennen umso stärker, je mehr Thonerde sie besitzen, das heisst je feuerfester sie sind; das lineare Schwindmass beträgt bei fetten Thonen 7—10%, bei fetten und zugleich kohlehaltigen bis 12·5% (und mehr). Der Korndurchmesser wird meistens zu 2—3 *mm*, seltener grösser (bis 7 *mm*) gewählt. Empfohlen wird von C. Bischof zu 1 Theil sehr feingemahlenem Thon 1—2 Theile eines Gemenges von wenig mittelfeinem und viel grobem pfefferkorngrossen Chamottepulver zuzusetzen. Mit zunehmender Korngrösse wächst der Verbrauch an Bindethon zum Einhüllen der Körner und der Widerstand gegen Temperaturwechsel auch vermindert sich die Festigkeit, Dichtigkeit, Gleichmässigkeit und Wärmeleitungsfähigkeit.

Chamottesteine besitzen eine grosse Zähigkeit gegen Stösse und lassen sich in allen möglichen Formen, selbst in den grössten Abmessungen herstellen. Sie brennen sich nicht mürbe und werden von einer basischen Schlacke wenig, von einer sauren jedoch stärker angegriffen. Besondere Widerstandsfähigkeit gegen basische Schlacken (namentlich Hochofenschlacken) besitzen die reinen Chamottesteine, welche, wenn sie eine für den bestimmten Zweck hinreichende Schwerschmelzbarkeit besitzen, zu den besten feuerfesten Steinen gerechnet werden müssen. Gegen Temperaturwechsel sind dieselben im Allgemeinen weniger empfindlich.

Ihre Herstellung erfolgt wie bei den Dinassteinen, doch werden sie zum Theil zweimal gebrannt (so z. B. in belgischen Werken). Sie sollen sauber gearbeitet und hartgebrannt sein, auch scharfe Kanten und glatte Oberflächen besitzen, um die Mörtelfugen möglichst eng gestalten zu können und dem Feuer möglichst wenig Angriffsflächen zu bieten.

Man benutzt sie zu Ausmauerungen von Stubenöfen und Küchenherden, zur Aufführung von Backöfen, zu Flammöfen mit directer Feuerung, zu Hoch öfen, Glasschmelzöfen, als Rost in Gasretortenöfen, in Kalk-, Cement-, Glüh- und Calciniröfen, in Zucker- und Oelgasöfen u. s. w. und stellt aus ihnen Blöcke und Rohre für Heizschächte und Heizcanäle, Ringe für Rauchverbrennung in den Locomotiven u. a. m. her. Ihre Haltbarkeit kann man durch Kühlvorrichtungen, indem man Luft oder Wasser hinter, unter oder im Inneren der Steine circuliren lässt, wesentlich vermehren. (Vergl. C. Bischof, a. a. O., S. 340—346).

c) Gemischte Quarzsteine. Dieselben besitzen einen geringeren Kieselsäuregehalt als Quarzziegel oder Dinassteine und werden aus 1 Masstheil Thon und 1—2 Masstheilen gewaschenem Sand oder Quarz, pulverisirtem Sandstein, Quarzit, Hornstein oder Feuerstein oder aus einem Gemenge von 1 Theil Thon, 2 Theilen Ziegelmehl und 3—5 Theilen Quarzpulver oder, wenn die Steine eine sehr grosse Feuerbeständigkeit erhalten sollen, aus 1 Theil Thon und 8—16 Theilen Quarzpulver bereitet. Je feiner letzteres gewählt wird, desto schneller erfolgt das Schmelzen und desto empfindlicher sind die Steine gegen Temperaturwechsel. Das Gemenge wird nur mit wenig Wasser vermischt, so dass die Masse wie feuchte Erde erscheint, dann wird die Masse sehr kräftig in die Formen eingeschlagen, hierauf in erwärmten Trockenkammern getrocknet und endlich gebrannt, wobei man das Anfeuern sehr langsam vorzunehmen hat.

Diese Steine können einer stark sauren Schlacke länger als irgend ein anderer feuerfester Stein widerstehen und eine sehr starke sogenannte trockene Hitze lange Zeit ertragen; sie sind porös und in Folge dessen schlechte Wärmeleiter und ziemlich leicht. Bei häufigem Erhitzen und Wiederabkühlen reissen sie leicht, auch brennen sie sich locker und vertragen nur wenig das Anbacken von Kohle oder Coaks. In Flammöfen mit directer Feuerung können sie nicht verwendet werden, weil eine alkalireiche oder stark basische Flugasche sie stark angreift, dagegen benutzt man sie mit Vortheil zur Herstellung von Sohlcanälen in Coaksöfen, zu Gewölben in Feuerungsanlagen,

Bauxitsteine besitzen nach C. Bischof eine grosse Haltbarkeit in Oefen, in denen sie nur mit schmelzenden Metallen und deren Oxyden oder mit basischen Schmelzstoffen in Berührung kommen, wie z. B. in Bleiraffinerien. Ihre Verwendung ist demgemäss eine beschränkte.

Bauxit wird auch als Zusatz zu sogenannten basischen Steinen und basischem Futter für Bessemer-Converter (vergl. § 162) benutzt.

Den Bauxitsteinen ähnlich ist auch der sogenannte Dracenitziegel, welcher (nach »Leitm. Centralanzeiger« 1888, Nr. 15) aus 60·4% Thonerde, 33·7% Kieselsäure, 5·4% Eisenoxyd und 0·1% Titansäure besteht und namentlich in Südfrankreich fabricirt wird.

e) Dolomitsteine. Man bereitet sie aus stark gebranntem, zum Theil gefritteten Dolomit mit einem Zusatz von 5% Thon oder von 7% (und mehr) wasserfreiem Theer oder von 15—25% Magnesia. Die Haltbarkeit dieser Steine wächst mit Zunahme der Brenntemperatur, die Güte der Masse mit Abnahme des Kalkgehaltes; kalkreiche Dolomitsteine besitzen einen geringen Werth. Bei höchster Weissgluth schwinden die Dolomitsteine, sofern sie nicht zu stark mit die Schmelzbarkeit befördernden Stoffen verunreinigt sind, um etwa 24%, wobei sie leicht reissen und ihre regelmässige Gestalt verlieren. Die Steine werden mittelst hohen hydraulischen Druckes in Formen gepresst und im Mendheim'schen Gaskammerofen (siehe Fig. 164 und § 92) oder in einem ähnlichen Ofen nach ihrem vollständigen Austrocknen äusserst stark gebrannt und dann sehr langsam abgekühlt. In etwa Schmiedeeisen-Schmelzhitze schmelzen sie und besonders leicht bei Berührung mit kieselsäurereichen Stoffen. Sie werden von den bei der Eisengewinnung sich bildenden Schlacken sehr stark angegriffen und finden deshalb nur wenig Verwendung. Man benutzt sie hauptsächlich zum Ausfüttern von Convertern beim basischen Verfahren der Gewinnung von Schmiedeeisen, wobei man die Masse oft mit wenig Wasserglas vermischt.

f) Chromitsteine aus gebranntem und gemahlenem Chromit und einer Mischung aus Gyps und schwefelsaurer Thonerde oder schwefelsaurer Magnesia. Man benutzt sie besonders zur Trennung der Magnesiaziegel und Dinassteine im Siemens-Martin-Ofen.

g) Magnesiasteine. Zu ihrer Herstellung verwendet man namentlich steirischen Magnesit (Veitschthaler Magnesitspath) oder solchen von der Insel Euböa, welcher bei starker Weissglühhitze wiederholt durchgebrannt und vollständig todtgebrannt wird, wobei er in der Länge etwa 25% zusammenschrumpft.

Diese stark gebrannte und dadurch steinhart gewordene Magnesia wird zerrieben und mit 10—15% (auch mehr) Thon oder wasserfreiem und dickflüssigem Theer, auch mit Soda, Kieselsäure, Essig, einer Mischung von Carbolsäure und Alkalien oder alkalischen Erden vermengt. Die Masse wird mittelst hydraulischer Pressen geformt, getrocknet und im Mendheim'schen Gaskammerofen oder Flammofen, der mit pulverisirter Magnesia ausgestampft oder mit Magnesiasteinen innen verblendet ist, möglichst stark und gleichmässig gebrannt und dann langsam abgekühlt.

Magnesiasteine sind widerstandsfähiger gegen Schlacken als Dolomitsteine und dienen zur Ausfütterung von Kalk-, Cement- und Strontian-Brennöfen, von Convertern beim Entphosphorungsprocess in den Eisenhütten u. s. w. Sie sind theurer als Chamottesteine, vermögen aber in den meisten Fällen

eine Platinschmelzhitze zu ertragen, ohne zu schmelzen oder ihre scharfen Kanten einzubüssen.

h) Graphit- und Kohlenstoffsteine. Zum Ausmauern von Bleiöfen und zur Aufführung von Ziegelbrennöfen-Wänden werden Coakssteine empfohlen, welche aus einer Mischung von Coaksklein und Lehmwasser bereitet werden. Diese Ziegel sind billig, sehr feuerbeständig, schlecht Wärme leitend und leicht (spec. Gewicht = 1·51), sie besitzen eine dichte, homogene, feinkörnige Structur und bilden mit der Beschickung keine Schlacke.

Auch Steine aus gesiebtem, möglichst aschenreinem Coaksklein und $20^0/_0$ Theer, die bei vollständigem Luftabschluss gebrannt werden, oder aus Holzkohlenklein und Thon werden zur Ausfütterung der Oefen mit Vortheil benutzt. Als Mörtel verwendet man eine Mischung von 2 Theilen Kohlenstaub und $^1/_4$—1 Theil Thon. Die Festigkeit der Kohlenstoffsteine ist eine geringe, jedoch können dieselben einen schroffen Temperaturwechsel gut ertragen. Statt Coaks und Holzkohlen verwendet man auch Graphit.

i) Ganistersteine. Dieselben haben im Allgemeinen dieselben Eigenschaften wie Dinassteine und werden zum Auskleiden von Bessemerbirnen, Puddelöfen u. s. w. verwendet. Man fertigt sie aus dem in der Gegend von Wales, Sheffield u. s. w. gefundenen Mineral Ganister, einem dichten, kieseligen Gestein, das pulverisirt und mit wasserfreiem Theer vermischt wird.

k) Schmelztiegel. Man unterscheidet:

α) Chamottetiegel aus 1 Gewichtstheil feinstem (belgischen) Thon und 2 Gewichtstheilen grobgestossener Chamotte.

β) Hessische Tiegel aus 1 Theil Thon (bestehend aus $71^0/_0$ Kieselsäure, $25^0/_0$ Thonerde und $4^0/_0$ Eisenoxyd) und $^1/_3$—$^1/_2$ Theil Quarzsand; dieselben widerstehen nicht den Alkalien.

γ) Ipser- oder Passauer-Tiegel aus 1 Theil feuerbeständigem Thon und 2 (auch 3—4) Theilen Graphit; sie vertragen einen schroffen Temperaturwechsel und schwinden in der Hitze höchst selten.

δ) Reine Kohlentiegel aus Coaks, Holz- oder Steinkohlenklein oder Graphit und wasserfreiem Theer.



gnügt man sich damit, die Lehmmasse auf der Trettenne durchzuarbeiten, dies ist jedoch nicht zu empfehlen, vielmehr ist ein möglichst langes Sumpfen, durch welches die Masse sehr gleichmässig wird, anzurathen. Die Lehmsteine werden an der Luft auf einem schattigen Platze monatelang getrocknet, ehe man sie verwendet; besitzen die Steine beim Vermauern noch Feuchtigkeit, so werden die aus ihnen hergestellten Wände nur schwer trocken und erhalten Senkungen. Beim Austrocknen schwinden die Lehmsteine um etwa $^1/_{20}$ der Länge.

Vortheile: billige Herstellung, Feuerbeständigkeit, Dauerhaftigkeit bei genügendem Schutz gegen Feuchtigkeit, warme und gesunde Räume liefernd. Nachtheile: widerstehen nicht der Nässe und besitzen eine geringere Festigkeit als gebrannte Ziegel.

Format: $300 \times 140 \times 80$—100 *mm* oder $260 \times 125 \times 80$ *mm*. Erstere Steine wiegen pro Stück 5—7 *kg* und erfordern zu ihrer Herstellung 4·6—4·8 m^3 Lehm pro 1000 Stück; zu 1 m^3 Mauerwerk sind 295—220 Stück nöthig. Die kleineren Steine wiegen pro Stück nur 4—4·5 *kg* und erfordern pro 1000 Stück 3·8 m^3 Lehm; zu 1 m^3 Mauerwerk braucht man 390 Stück.

Verwendung. Man benutzt die Lehmsteine zu Innenmauern, namentlich zu Ausmauerungen von Fachwerken, zu landwirthschaftlichen Bauten und zum Bau einstöckiger Häuser. Gegen die Witterungseinflüsse sind die zu Aussenmauern verwendeten Steine durch weit überstehende Dächer, Putz- oder Backsteinverblendung u. s. w. und gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit durch hohe Sockelmauern und Isolirungen zu schützen. Die Steine werden mit Lehmmörtel gefugt und beim Verlegen nicht angenässt. Dienen die Lehmsteinmauern zum Tragen von Balkenlagen, so deckt man sie zweckmässig mit einigen Schichten gebrannter und in Kalkmörtel verlegter Backsteine ab. Lehmsteinwände werden meistens nur mit Lehmmörtel verputzt. Will man einen Kalkputz aufbringen, so müssen die Wände vorher sorgfältig mit heissem Theer bestrichen oder in die Fugen kleine Dachziegelstücke eingedrückt oder dem Kalkmörtel Sägespäne beigemengt werden u. s. w. Cementputz bleibt zwar auf Lehmsteinwänden haften, wird aber bei dem meist starken Setzen der Wände leicht rissig und fällt dann ab. Vor Aufbringung des Putzes müssen die Lehmsteinmauern gut ausgetrocknet sein; da aber Lehm sehr hygroskopisch ist, so müssen die Mauern beim Auftragen des Putzes stark angenässt werden. In Gebäuden, die starken Erschütterungen ausgesetzt sind, können Lehmsteine keine Verwendung finden. Erhalten die Lehmsteinmauern eine Backsteinverblendung, so werden die Lehmsteine im Format der Backsteine hergestellt und auch die gebrannten Ziegel mit Lehmmörtel aufgemauert; ein derartiger Schutz gegen Nässe empfiehlt sich jedoch nicht, weil sich die beiden Mauerkörper verschieden setzen.

Unter Lehmpatzen versteht man grosse, quaderähnliche Steine aus Lehm und 10—20% Strohabfällen, Häcksel, Flachsscheben, Hanf u. s. w. Diese Beimischungen begünstigen das Austrocknen, vermindern aber die Festigkeit der Masse. Lehmpatzen sind noch stärker hygroskopisch als Lehmsteine, weil die beigemengten Pflanzenstoffe begierig Wasser aufsaugen; es sind deshalb auch die Lehmpatzen gegen Feuchtigkeit sorgfältig zu schützen. Sie besitzen vor den Lehmsteinen den Vorzug, dass auf ihnen ein Putz besser haftet. Ihre Verwendung ist im Allgemeinen dieselbe

Format. Grosses Format: 390 × 200 × 160 *mm* (Gewicht: 18·5 *kg*; auf 1 m^3 Mauerwerk gehen 81 Stück).

Mittleres Format: 300 × 140 × 140 *mm* (wird selten verwendet).

Kleines Format: 270 × 150 × 160 *mm* (Gewicht: 9—9·5 *kg*; 1 m^3 Mauerwerk erfordert 154 Stück).

1000 Stück des kleinen Formates benöthigen zu ihrer Herstellung 8 m^3 frischen Lehm, 10 Bunde Stroh oder 2·2 *hl* Flachs- oder Hanfscheben.

§ 96. Steine aus Bimssand, Kalk und Sand, Schlacken.

1. Bimssandsteine oder rheinische Schwemmsteine. Man fertigt dieselben aus 90 Gewichtstheilen Bimssteinsand, welcher hauptsächlich am Rhein (im »Neuwieder Becken«) gefunden wird, und aus 40—70% Kieselsäure besteht, sowie aus 10 Gewichtstheilen Trierer Kalk, der in Form von Kalkmilch beigemengt wird. Die gut durcheinander gemischte Masse wird in Formen fest eingeschlagen oder gepresst und 4—6 Monate lang getrocknet, bevor man die Steine verwendet. Als Mörtel benutzt man Trierer Kalk mit Bimssand (statt Quarzsand).

Format. Die Schwemmsteine werden gewöhnlich im deutschen Normalformat (250 × 120 × 65 *mm*) hergestellt, doch finden auch Steine von 250 × 160 × 120 *mm* und 250 × 160 × 140 *mm* vielfach (und namentlich am Rhein) Verwendung. Die als Hintermauerungssteine bei Verblendbauten benutzten Steine werden 250 × 120 × 80 oder 250 × 120 × 100 *mm* gross gewählt. Man fertigt auch Achtecksteine für Schornsteinröhren (russische Röhren).

Vorzüge und Nachtheile. Da Bimssand sehr leicht und sehr porös ist, so besitzen die Schwemmsteine ein geringes Gewicht und eine hohe Isolirfähigkeit. Sie sind wetterbeständig und, weil der Bimssand vulcanischen Ursprunges ist, auch feuerbeständig. Ihre Tragfähigkeit ist eine mässige; ihre Druckfestigkeit beträgt nur ca. 18 *kg* für das Quadratcentimeter. Ihre Oberflächen sind rauh, weil der Bimssand ein mittelgrobkörniges, kiesartiges Gerölle aus

Formen von 250 × 120 × 65 oder 250 × 250 × 50 *mm* Grösse gepresst. Die Steine besitzen eine wasserundurchlässige, glatte Seite, welche durch einen aus Cement und Kieselguhr bestehenden Ueberzug erlangt wird. Mit dieser Seite werden sie in Sand oder Kies eingebettet. Damit die Erdfeuchtigkeit nicht durch die Fugen emporsteigen kann, werden letztere mit Cementmörtel gedichtet. Auf die Bimssteine kommt eine Lage von Mettlacher Fliesen oder anderen Plättchen, deren Fugen mit einem, aus 1 Theil Cement und 1 ½—2 Theilen Sand bestehenden Mörtel wasserdicht verschlossen werden, oder eine Cementmörtelschicht. Durch diese Anordnung wird eine gute Isolirung erzielt.

Man kann den Isolirbimsstein, welcher sich wie Holz schneiden lässt, natürlich auch zu Isolirungen von Dampfkesseln (an Stelle der Korksteine), zu Trockenkammern, Eis- und Bierkellern, Geldschränken u. s. w. verwenden. Die Wärmedurchlässigkeit einer 6·5 *cm* dicken Platte beträgt (nach Ingenieur J. A. Müller der Gesellschaft für Linde'sche Eismaschinen) nur 1·1 Wärmeeinheiten, entspricht also der Wärmedurchlässigkeit einer zwei Stein starken Backsteinmauer oder einer 1 *m* starken Sandschicht.

3. Kalksandsteine.*) Dieselben wurden zuerst und vor etwa 50 Jahren von Dr. A. Bernhardi sen., dem Begründer der Firma Dr. Bernhardi Sohn (G. E. Draenert) in Eilenburg bei Leipzig, hergestellt und haben seitdem ihrer vielen Vorzüge wegen eine vielfache Verwendung, insbesondere zu landwirthschaftlichen Bauten gefunden. Diese Kalksandziegel werden aus 8—9 Maasstheilen scharfem reinen Quarzsand, 1 Masstheil frisch gelöschtem Kalk und wenig Wasser bereitet. Der Kalk wird in Form von Kalkmilch oder trockenem Kalkpulver, das Wasser mittelst Giesskanne zugesetzt. Die Mischung ist in geeigneten Maschinen vorzunehmen, damit sie möglichst gleichmässig und vollkommen erfolgt, und dann in Formen mittelst Kniehebelpressen (siehe Fig. 114 und § 89) zu formen. Vor dem Formen lässt man die Masse zweckmässig einen Tag oder besser noch länger auf dem Haufen liegen. Durch Benutzung entsprechender Presskasten, Pressplatten und Einlagen können Steine von beliebiger Gestalt geformt werden, so z. B. ausser den parallelepipedischen Bausteinen (in Normalformat u. s. w.) auch Brunnenziegel mit bogenförmigen Begrenzungen, Steine mit Ausschnitten an den Ecken, um Thürfalze zu bilden u. s. w. Das starke Pressen der Masse ist unbedingt nothwendig, um die einzelnen Sandkörner dicht aneinander zu lagern, so dass nur dünne Kalkschichten sich als Bindemittel zwischen ihnen befinden, wodurch die Festigkeit der Steine wesentlich erhöht wird.

Der Sand muss grob, scharf und rein sein; lehm- oder erdehaltiger Sand giebt wetterunbeständige Ziegel. Es empfiehlt sich, eine Mischung von Kies und Sand zu wählen; dann werden die vom Kies gebildeten Zwischenräume durch den Sand gut ausgefüllt. Um die Herstellungskosten zu vermindern, kann ein Theil des Sandes durch Steinkohlenasche, Torfasche, Hochofenschlacken, Bimssand u. dgl. ersetzt werden. Ein Zusatz von Hochofenschlackenpulver oder granulirter Hochofenschlacke (etwa ¼ Theil) vergrössert die Festigkeit und Dauerhaftigkeit, eine Tränkung des vollständig getrockneten Steines mit einer Wasserglaslösung (von 2° Beaumé) die Härte.

*) Mit Benutzung der Broschüre »Die Kalkziegelfabrikation und der Kalkziegelbau« von Dr. A. Bernhardi. (Halle a. S., 1873, 4. Auflage.)

An Stelle des Kalkes wird auch Gyps (Gypssteine) oder Cement (Cementziegel) genommen. Ein kleiner Zusatz von Portlandcement zum Kalk und Sand macht die Kalksandziegel fester. Als Wasser benutzt man Brunnen-, Fluss- oder Regenwasser; nicht geeignet ist Seewasser. Zur Herstellung von 1000 Steinen sind etwa $4\ m^3$ Sand und $^1/_8\ m^3$ ungelöschter Kalk erforderlich. Zu wenig Kalkzusatz giebt wenig haltbare Steine.

Die geformten Ziegel werden entweder nur durch Sonne und Luft getrocknet und dann auf Trockengestelle, die gegen Regen genügend geschützt sind, gebracht oder in geheizten Trockenkammern entwässert; letzteres ist jedoch nicht zu empfehlen, weil die Steine bei künstlicher Austrocknung eine geringere Festigkeit erhalten. Beim Trocknen nimmt der Aetzkalk aus der Luft Kohlensäure auf und verwandelt sich zum Theil in kohlensauren Kalk.

Auf den Trockengestellen bleiben die Steine so lange liegen, bis sie einen metallischen Klang beim Anschlagen mit dem Fingerknöchel geben, dann werden sie in Haufen so zusammengestellt, dass sie die Luft allseitig bestreichen kann. Wird zur Mischung nur so viel Wasser verwendet, dass die Masse beim Drücken in der Hand nur wenige Wassertropfen absondert, und ist die Witterung eine gute, so kann man die Ziegel schon 6—10 Tage nach ihrem Formen zu Bauten verwenden.

Der frisch gepresste Kalksandziegel ist so weich, dass man ihn mit der Hand zerdrücken kann. Es empfiehlt sich, weil die Ziegel erst mit Karren transportirt werden können, wenn sie einige Wochen alt sind, die Fabrikation auf der Baustelle selbst vorzunehmen.

Vorzüge und Nachtheile. Kalksandziegel lassen sich leichter und schneller herstellen wie gebrannte Mauersteine und sind bedeutend billiger (Ersparniss 40—50%); sie besitzen aber eine grössere Sprödigkeit und sind nicht widerstandsfähig genug gegen Schlag und Stoss, auch lassen sie sich nicht so sicher behauen, so dass Theilsteine besonders geformt werden müssen. Ihre Druckfestigkeit ist eine geringe; Dr. Böhme ermittelte die zulässige Beanspruchung der Bernhardi'schen Ziegel im Formate $280 \times 130 \times 80$ *mm* und aus einer Mischung von 8 Theilen Sand und 1 Theil Kalk zu 4·2 *kg*

zu Aussenmauern nur dann benutzt werden, wenn man sie mit einem Mörtelbewurf versieht.

Verwendung: Hauptsächlich zu landwirthschaftlichen Bauten, aber auch zu Wohnhäusern und Fabrikgebäuden in thonarmen Gegenden, sowie zu Innenmauern. Die Kalksandziegel werden mit engen Fugen vermauert und mit dünnem, steinfreiem Kalkmörtel miteinander verbunden. Beim Vermauern ist ein Annässen der Steine unnöthig; wenn aber ein solches vorgenommen wird, so empfiehlt es sich, hierzu kalkhaltiges Wasser zu wählen. Ein Festklopfen mit dem Maurerhammer ist zu vermeiden, weil der sehr spröde Stein hierdurch leicht zertrümmert wird.

Man kann auch farbige Steine herstellen, indem man die Masse mit im Wasser verrührtem, feinem Glanzruss oder Frankfurter Schwarz oder Ziegelmehl oder rother, gelber, grüner u. s. w. Erdfarbe vermischt.

4. Schlackensteine. Diese Steine werden in gleicher Weise wie die Kalksandziegel hergestellt, doch wird statt Quarzsand zu ihrer Anfertigung granulirte Hochofenschlacke in Kiesgrösse gewählt. Verwendet man keine granulirten Hochofenschlacken (vergl. § 215), so müssen die Schlacken durch Quetschwalzwerke oder Kollergänge auf die erforderliche Korngrösse gebracht werden.

Die Hochofenschlackensteine wurden zuerst von der »Georgs-Marienhütte« in Osnabrück fabricirt. Heutzutage stellt man sie an vielen Orten her; sehr gelobt werden die Steine von Meyer & Comp. in Osnabrück.

Die Mischung (4 Theile Schlacken, 1 Theil Kalk und Wasser) wird am besten in geeigneten Maschinen vorgenommen und die Masse mittelst Hand- oder Dampfpressen geformt. Die geformten Steine müssen etwa sechs Monate lang getrocknet werden, ehe man sie vermauern kann. Sie sind zuerst leicht zerbrechlich, werden aber mit der Zeit sehr hart, und zwar dadurch, dass die Hochofenschlacke mit dem Kalk sich chemisch verbindet und durch Aufnahme von Kohlensäure kohlensaurer Kalk entsteht. Nachdem sie etwa zwei Tage lang auf Trockengestellen gelegen, werden sie zu grossen Haufen zusammengesetzt und bis zu ihrer Verwendung der Witterung preisgegeben, denn die Steine werden umso fester, je öfter sie angenässt und wieder trocken werden. Ihre Widerstandsfähigkeit wird umso grösser, je weniger man mit dem Kalk spart.

Vorzüge. Die Schlackensteine, welche eine feine lichtgraue Farbe besitzen, die sich durch Abwaschen mit verdünnter Schwefelsäure etwas verändern lässt, sind wetterbeständig und so fest wie gebrannte Mauersteine, besitzen eine sehr grosse Porosität und verbinden sich mit einem aus Kalk und Schlackenkies bereiteten Mörtel zu einer monolithen Masse, welche nach und nach fester wird. Das aus ihnen gefertigte Mauerwerk trocknet sehr schnell aus, so dass die Bauten sogleich nach ihrer Vollendung bezogen werden können, ohne dass eine Gefahr für die Gesundheit der Bewohner entsteht. Das Mauerwerk liefert warme und trockene Wohnräume, wenn zu seiner Aufführung vollständig getrocknete Schlackensteine verwendet werden. Schlackensteine sind weit billiger wie gebrannte Ziegel.

Nach Hauenschild zeigten die mittelst Handpressen geformten Schlackensteine bei einer Belastung von 31 *kg* und die mittelst Dampfpressen gefertigten bei einer solchen von 92·4 *kg* für das Quadratcentimeter Risse; erstere wurden bei einem Drucke von 32·1 *kg*, letztere bei einem Drucke von

110·5 *kg* für das Quadratcentimeter zerstört. Nach **Böhme** beträgt die zulässige Beanspruchung auf Druck 4·5—9·0 *kg* für das Quadratcentimeter bei zehnfacher Sicherheit.

Verwendung: Dieselbe wie bei guten Backsteinen, vor denen die Schlackensteine den Vorzug grösserer Luftdurchlässigkeit besitzen; ausserdem zu grösseren Baustücken und Gesimsen, Canalisationen u. s. w.

Statt der Hochofenschlacken nimmt man auch Braunkohlen- oder Steinkohlenasche, die mit der gleichen Menge Kalk wie Schlackensteine und Kalksandziegel vermischt werden. Solche Steine sind sehr leicht, aber wenig tragfähig; ihre Druckfestigkeit wird durch einen Zusatz von Quarzsand erhöht und kann bei sorgfältiger Herstellung 15 *kg* für das Quadratcentimeter erreichen. Man verwendet diese Steine hauptsächlich zu Innenmauern und Fachwerksausmauerungen.

§ 97. Künstliche Sand- und Kalksteine.

Für die Bereitung von künstlichen Sandsteinen haben sich die folgenden Recepte bewährt:

1. Eine innige Mischung von Kalk und Sand wird mit ungelöstem, pulverisirtem Wasserglas gleichmässig vermengt und letzteres durch Wasserzusatz aufgelöst. Es verbindet sich dann das Wasserglas mit dem Kalk zu kieselsaurem Kalk, der die ganze Masse durchzieht und so die einzelnen Sandkörner gleichmässig und innig miteinander verkittet. (Patentirtes Verfahren von Schulte im Hofe in Gelsenkirchen.)

2. Aetzkalkpulver und gewaschener Sand (oder andere kieselerdehaltigen Stoffe) werden trocken zusammengemischt und dann in Formen eingedrückt. Vor dem Schliessen der Formen wird entweder schnell Wasser hinzugesetzt oder durch die Fugen oder kleinen Oeffnungen der Form Wasser oder Dampf von etwa drei Atmosphären Spannung eingelassen. Das hierdurch zum Löschen gebrachte Kalkpulver quillt auf und übt dabei auf die in der Form eingeschlossene Masse einen starken Druck aus, wodurch ein fester Stein

leicht bearbeiten kann. Nach weiteren zwei Tagen ist sie so weit erhärtet, dass sie sich nur noch mit Steinmetzwerkzeugen bearbeiten lässt. Die aus dieser Masse gefertigten Steine sind ebenso schwer wie natürliche Sandsteine. Die weiss, gelb, grau oder roth gefärbte Masse wird wie Cement in Fässern von Möhle's Bau-Patent-Gesellschaft in Frankfurt am Main versandt.

4. Ein Gemenge von 1—5 Theilen Sand, 1 Theil Staubkalk und 1 Theil Cement wird mit wenig Wasser vermischt und schichtweise in Formen sorgfältig eingestampft. Die geformten Steine werden an der Luft getrocknet und hierauf 2—3 Tage lang in verdünntes Wasserglas gelegt. Diese Steine erlangen nach ihrer Austrocknung eine sehr grosse Festigkeit. (Nach Gottgetreu.)

5. Man vermischt 7 Raumtheile Sand, Kies und Gerölle mit 3 Theilen fettem ungebrannten Thon und 1 Theil frisch gebranntem ungelöschten Kalk oder 8 Theile Sand u. s. w. mit 1 Theil gebrannter und gepochter Lehm erde, 1 Theil pulverisirter Steinkohlenschlacke und 1·5 Theilen fettem oder hydraulischem nicht zerfallenen Kalk, mahlt das Gemenge recht fein, versetzt es mit etwas Cement und formt es trocken mittelst Pressen.

Die Festigkeit der Kunstsandsteine beträgt nach Professor A. Harnisch in Wien im Mittel 23 *kg* für Zug und 214 *kg* für Druck für das Quadratcentimeter.

Für künstliche Kalksteine werden folgende Mischungen empfohlen:

1. Ein Gemenge von 10 Gewichtstheilen gemahlenen Muscheln, 5 Gewichtstheilen Kalk und 3 Gewichtstheilen gemahlener Torfasche wird mit Wasser zu einem giessbaren Brei angerührt, in Formen gegossen und getrocknet. (Nach Mothes.)

2. Hydrokalkstein von Prof. Hans Hauenschild in Berlin. (D. R. P., Nr. 83.321).

Abfälle von Kalkstein oder Marmor, auch Kalk- oder Dolomitsande werden so zerkleinert, beziehungsweise sortirt, dass sie eine dem beabsichtigten Zweck entsprechende, gemischte Sandkorngrösse erlangen. 80—92 Gewichtstheile dieser Masse vermischt man dann (am besten mittelst geeigneter Maschinen) mit 8—20 Gewichtstheilen zu Staub gelöschtem Kalk oder Kalkbrei so, dass eine möglichst wenig poröse, eben noch plastische Masse entsteht. Diese Mischung presst man in Formen und trocknet die an der Luft sofort erhärtende geformte Masse in verschlossenen Gefässen oder Räumen unter längerer Erhitzung; hierbei bildet sich eine hydraulische Modification von krystallinischem Kalkhydrat und es beginnt die Bildung von basischkohlensaurem Kalk. Um diesen Carbonisirungsprocess zu beschleunigen, empfiehlt es sich, der Masse während ihrer Mischung und vor ihrer Erhitzung kohlensaures Ammon hinzuzusetzen, und zwar in solcher Menge, dass etwa ein Drittel bis die Hälfte des vorhandenen Kalkhydrates durch die Kohlensäure des Ammon gesättigt wird. Hierbei zersetzt sich das letztere und es lässt sich das Ammoniak durch gewisse Mittel wiedergewinnen. Eine Hydrosilicatbildung tritt also bei diesem Verfahren nicht ein, weil Silicate in der Masse nicht vorhanden oder unwesentlich sind, sondern es findet eine Rückbildung von krystallinischem Kalkcarbonat statt. Hydrokalkstein vermag der Einwirkung einer mit 12 *kg* belasteten Vicat'schen Nadel (von 1 mm^2 Querschnitt, vergl. § 221) zu widerstehen und ist härter wie Hydrosandstein, welcher schon bei einer Belastung von 5 *kg* von der Nadel durchbrochen wird. Die Druckfestigkeit des frisch gekochten Hydrokalksteines (mit

Laboratoriumsproben vorgenommen) ergab 80 *kg* für das Quadratcentimeter und für Stücke aus dem Innern eines klingend erhärteten, aber stark porösen, circa 100 *kg* schweren Blockes 110 *kg* für das Quadratcentimeter nach mehrtägigem Kochen. Die Hydrokalksteine besitzen schon nach 8 Tagen eine Härte, welche die des französischen weichen Savonniersteines übersteigt. (Nach Mittheilungen des Erfinders). Es ist zu erwarten, dass der Hydrokalkstein im Baufache noch eine grosse Verwendung seiner mannigfachen Vorzüge und Billigkeit wegen finden wird. Vergl. auch § 100.

§ 98. Das Xylolith oder Steinholz.

Unter dem Namen Xylolith oder Steinholz wird von der Firma Otto Sening & Comp. in Potschappel bei Dresden eine vom Ingenieur S. G. Cohnfeld in Dresden erfundene Masse in den Handel gebracht, welche ihrer vielen vorzüglichen Eigenschaften wegen eine immer grössere Verbreitung findet. Diese Masse besteht aus Sägespänen und Mineralien und wird auf folgende Weise bereitet.

Euböischer Magnesit wird bei etwa 1800° *C.* geglüht, dann mittelst Desintegrator fein zerkleinert und gesiebt und hierauf in einem Rührwerke mit einer Chlormagnesiumlösung sehr innig vermischt und zugleich gefärbt. In diese Mischung werden so viele, vorher besonders präparirte Sägespänne hineingeschüttet, dass die Masse ganz trocken erscheint. Die Masse wird in grossen, schweren Gussstahlformen geformt, indem man je nach der Dicke der Xylolithplatten 20—50, durch starke Stahlbleche von einander getrennte Platten in der Form gleichzeitig unter einer sehr kräftig construirten hydraulischen Presse, welche einen Druck von 400 Atmosphären auszuüben vermag, presst.

Unter der Presse bleiben die Platten so lange, bis ihre Masse vollständig abgebunden hat, was nach 24—30 Stunden der Fall zu sein pflegt. Beim Abbinden erfolgt eine starke Wärmeentwicklung; es sind daher die Platten nach Beendigung des Abbindeprocesses abzukühlen, ehe man sie aus

Festigkeit. Nach Mittheilung der königlichen Prüfungsstelle für Baustoffe in Berlin besitzt das Xylolith folgende Festigkeiten:

a) gegen Bruch: 412 *kg* für das Quadratcentimeter.

b) gegen Zug: 162 *kg* (in wassersattem Zustande) bis 276 *kg* für das Quadratcentimeter (wenn mit Leinölfirniss gesättigt und getrocknet).

c) gegen Druck: 749 *kg* (in wassersattem Zustande) bis 902 *kg* für das Quadratcentimeter (wenn mit Leinöl getränkt und getrocknet).

Die Festigkeit des Steinholzes gegen Bruch und Zug wird von keinem natürlichen Gestein erreicht, die Druckfestigkeit entspricht der eines guten Sandsteines.

Die Abnutzbarkeit betrug (nach denselben Mittheilungen) unter Anwendung eines Druckes von 30 *kg* für 50 cm^2 Schleiffläche bei 450 Umgängen der Schleifscheibe unter Anwendung von 20 *g* Naxosschmirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge bei einem Schleifradius von 20 *cm* und einem Eigengewicht der Schleifstücke von 568 *g* nur 7·65 cm^3, während sie z. B. beim Granit (aus 88 Versuchen) zu 8·3 cm^3 ermittelt wurde.

Verwendung. Steinholz kann sowohl auf Holzunterlagen (auch auf schadhaftem Blindboden) als auch auf Backsteinpflasterung, Betonunterlagen, Moniermassen u. s. w. verlegt werden und giebt einen warmen und sehr haltbaren Fussboden. Zum Verkitten der Fugen bei Holzunterlagen wird eine Mischung aus Quark, gesiebtem Luftkalk und Quarzpulver, beim Verlegen auf Steinunterlagen Firnisskitt, Asphalt und Cementmörtel benutzt und die Plattenstärke mindestens 15—17 *mm* sowie die Grösse der Platte nur gering gewählt. Auch als Belag für Treppenstufen hat sich das Xylolith bestens bewährt. Man stellt aus ihm ferner Zwischenwände, ja sogar ganze Häuser (z. B. Krankenbaracken) her; hierbei gewähren sie den Vortheil, dass die Gebäude sofort nach Fertigstellung bezogen werden können, weil der Baustoff völlig trocken ist. Steinholzgebäude besitzen im Sommer kühle, im Winter warme Räume wegen der schlechten Wärmeleitung der Wände. In Bremen benutzte man Xylolithklötze zur Befestigung der kupfernen Hafter an den Thürmen des Domes. Im Schiffbau verwendet man Steinholz an Stelle des Holzplankenbelages auf eisernen Decks. Es eignet sich auch zu Tischplatten in Laboratorien, zu Schaltbrettern für elektrische Anlagen u. s. w. und bildet einen vorzüglichen (feuersicheren) Stoff für Dacheindeckungen.

§ 99. Bausteine aus Korkmasse.

Korksteine werden von den Firmen Grünzweig u. Hartmann in Ludwigshafen a. Rh., A. Haacke u. Comp. in Celle u. A. hergestellt. Sie werden der Hauptsache nach aus zerkleinerten, erbsen- oder bohnengrossen Korkabfallstücken und einem dünnen Brei aus Luftkalk und Thon bereitet. Die innig gemischte Masse wird in Formen gepresst und in einem Trockenofen bei einer Temperatur von 120—150⁰ *C.* getrocknet. Sie kommen als Bausteine im deutschen Normalformate (250 × 120 × 65 *mm*) oder als Platten von 30—60 *mm* Dicke, 250 *mm* Breite und 300—900 *mm* Länge in den Handel, werden aber auch in anderen Formen (z. B. Halbkreis-Schalen und Segmenten) und anderen Grössen fabricirt.

Eigenschaften. Die Korksteine besitzen eine sehr grosse Porosität und sind demgemäss sehr leicht; das specifische Gewicht ist 0·3; ein Stein im

Normalformate wiegt daher nur etwa 600 *g*. Somit stellen die Korksteine die leichtesten Bausteine dar. Trotz ihrer vielen Poren nehmen die Korksteine verhältnissmässig wenig Wasser auf, denn es beträgt die Wasseraufnahme von 1 *kg* Masse nach 12stündigem Liegen unter Wasser nur 33·4%, nach 125stündigem dagegen etwa 69·2%. Das Wärmeleitungsvermögen ist sehr gering und geringer als bei irgend einem anderen Baustoff; es ist nur wenig höher als beim Kork selbst. Korksteine widerstehen einer Hitze bis 180° *C.*, ohne sich zu verziehen oder zu zerreissen. Erwärmt man sie 96 Stunden lang bei 75° *C.*, so schwinden sie nur um 0·1%. Sie sind, wie die Versuche der Berliner Feuerwehr ergeben haben, nicht feuergefährlich; sie brennen nicht mit heller Flamme, sondern schwelen nur und überziehen sich hierbei sehr bald mit einer schwammigen Russschicht, die eine schnelle Ausbreitung des Feuers verhindert; die im Brand befindliche Korkmasse erlischt sofort, wenn die Flamme von ihr entfernt wird, ein Fortglimmen findet also nicht statt. Die Korksteine sind der Fäulniss nicht unterworfen, man muss sie jedoch vor Nässe schützen. Dies geschieht am besten durch einen Putzüberzug aus Kalkmörtel mit Gypszusatz oder durch Tränken mit heissem Theer; Mörtel und Putz nehmen die Korksteine sehr gut an. Die Korkmasse gestattet eine beliebige Formgebung, lässt sich mit dem scharfen Maurerhammer behauen, ferner zerschneiden und zersägen, nageln und mit Schrauben befestigen.

Festigkeit. Die Druckfestigkeit beträgt 17 *kg*, die zulässige Druckbeanspruchung 2·8 *kg*, die Bruchfestigkeit bei Korksteinen 7·21 *kg* und bei den schwarzen, wasserdichten, elastischen Korkplatten 38 *kg* für das Quadratcentimeter.

Wasserdichte Korksteine kann man durch folgendes Verfahren erzeugen. Feines Korkmehl wird mit einer concentrirten (oder nahezu concentrirten) Fettseifenlösung mit Wasser übergossen und das Gemenge so lange durcheinander gemischt, bis das Seifenwasser die ganze Korkmasse durchdrungen hat. Dann wird die Masse getrocknet, hierauf mit Kalkmilch vermischt und abermals getrocknet. Dieser Masse wird nun an der Luft zerfallener Kalk innig beigemengt und die Mischung sodann mit einer Wasser-

Die Korkplatte, welche letztere bilden soll, wird in ein Bad aus einer Mischung von 2 Theilen concentrirter Schwefelsäure und 1 Theil Wasser gelegt und darin bis zu ihrer vollständigen Durchdringung mit dieser Flüssigkeit gelassen, dann wird die Platte in reinem Wasser ausgewaschen, gespült und getrocknet. Hierauf wird die Korkplatte in derselben Weise, wie oben beschrieben wurde, wasserdicht gemacht, dann auf den zu schützenden Korkkörper aufgelegt und endlich mit diesem zugleich in derselben heissen Form gepresst, wobei sich durch die Wärme die Bindemasse auflöst. Nach dem Herausnehmen aus der Form und nach völligem Erkalten bilden beide Theile eine fest zusammenhängende Masse. (Vergl. »Centralblatt der Bauverwaltung«, 1885.)

Die Korkformstücke werden nach dem D. R.-P. Nr. 23.765 (für Grünzweig und Hartmann) folgendermassen bereitet: 63 *kg* gemahlene Korkabfälle werden mit einem kochend heissen Kleister aus 3 *kg* Stärkemehl und 25 *kg* Wasser innig vermengt, dann sofort in geeigneten Formen gepresst und die geformten Stücke in Trockenkammern bei etwa 100° *C.* getrocknet, was ziemlich lange Zeit in Anspruch nimmt. Die Widerstandsfähigkeit der Masse kann durch einen kleinen Zusatz von Leinöl oder Theer erhöht werden.

Korkisolirmasse besteht aus einem Gemenge von sehr feinem Korkmehl, Asbest und Gyps oder Cement. Dasselbe wird mit Wasser zu einem breiartigen Mörtel angerührt und mittelst der Maurerkelle auf die zu isolirenden Gegenstände aufgetragen.

Verwendung. Wegen ihrer vielen vorzüglichen Eigenschaften werden die aus Korkmasse gefertigten Gegenstände zu mannigfachen Ausführungen benutzt. Zunächst bilden die Korksteine einen ausgezeichneten Stoff zur Herstellung von nicht unterstützten Zwischenwänden in Wohnhäusern, Speichern u. s. w.; eine aus Normalsteinen aufgeführte Zwischenwand besitzt ungeputzt nur eine Stärke von 6·5 *cm*, geputzt eine solche von 10 *cm*. Sie kann mit Luftkalkmörtel, dem des schnelleren Trocknens wegen Gyps hinzugesetzt wird, oder auch ganz mit Gypsmörtel verputzt, auch mit Tapeten beklebt oder nur mit einem Anstrich versehen werden. Sodann eignen sich die Korksteine vorzüglich zur Herstellung unbelasteter Gewölbe, als Ersatz der Staakung bei geraden Balkendecken, wo man sie z. B. in Form kleiner, auf angenagelten Latten ruhender Kappen verwendet, ferner zu Verkleidungen kalter Zimmerwände, namentlich dünner Fensterbrüstungsmauern, zur Isolirung von Speisekammern, Eis- und Bierkellern, Heiz- und Trockenkammern, Desinfections- und Kesselräumen u. s. w. Für solche Verkleidungen genügen schon Korkplatten von 2·5—3·0 *cm* Stärke. Dieselben werden mit Gypsmörtel dicht an die Wand geklebt, und zwar wählt man dieses Bindemittel, weil es rasch trocknet und somit ein Ablösen der Korkplatten und die Bildung von Hohlräumen verhütet.

Ferner verwendet man die Korksteine, beziehungsweise die Korkplatten zu Isolirungen von Dächern, z. B. von Sheddächern über Fabrik- und Werkstatträumen, um letztere im Sommer kühl, im Winter warm zu halten, auch zur Herstellung von Fussbodenbelägen, zur Abdeckung von Trägerwellblechdecken, zu Ummantelungen von Schornsteinröhren, von Warmluftcanälen bei Luftheizungen u. s. w., von Dampfmaschinen und Dampfkesseln (empfohlen wird eine 125 *mm* hohe Rollschicht aus Korksteinen mit einem Ueberzug aus

Isolirmasse oder Lehm), von Dampf- und Wasserleitungsröhren (Korkschalen mit Kartoffel- oder Stärkekleister als Bindemittel) u. s. w. auch zur Aufführung ganzer Gebäude (z. B. Baracken).

Siehe auch § 274, Korkplatten.

§ 100. Verschiedene andere künstliche, gebrannte und ungebrannte Bausteine.

1. Leichte Bausteine von E. Murjahn in Hamburg.

Diese feuerfesten Steine bestehen aus einem Gemenge von Thon, Torf und Asbest. Es werden sandfreier fetter Thon und Torfmoor im Verhältniss von 5:5 bis 1:5 gemischt, gleichmässig zerkleinert und mit 1—5 Gewichtsprocenten pulverisirtem Asbest innig vermengt. Dieses Gemenge wird mit wenig Wasser zu einem gleichförmigen Brei angemacht, der von allen gröberen Bestandtheilen befreit und in Formen mittelst hydraulischer Pressen gedrückt wird. Der geformte Stein wird gut ausgetrocknet und dann gebrannt. Das Eigengewicht vermindert sich mit Zunahme des Torfzusatzes. Die Steine, welche sich zerschneiden, nageln und auch hobeln lassen, werden zur Herstellung feuersicherer Decken und zu Zwischenwänden empfohlen.

2. Steine aus Infusorienerde. (Patentirtes Verfahren).

Infusorienerde wird mit etwas Thon vermischt und die Mischung in hölzernen Rahmen eingeknetet, dann getrocknet und gebrannt. Diese festen und harten Steine sind so leicht, dass sie auf dem Wasser schwimmen.

3. Bausteine aus Gerbereiabfällen.

1—2 Masstheile Haarkalk oder gewöhnlicher Aetzkalk werden mit 1—3 Theilen zerkleinerten Lederabfällen der Weissgerbereien und 4—10 Theilen Wasser vermischt. Das Gemenge wird leicht in Formen gepresst, die das Wasser ablaufen lassen, und dann an der Luft getrocknet.

4. Dachziegelersatz von R. v. Urbanitzky in Linz. (D. R.-P. Nr. 18.158).

Hadern, Hanf, Stroh, Holz, Papierabfälle und zerkleinerte Thierhaare werden mit hydraulischem Kalk und Wasser zu einer steifen Masse ge-

6. Kunstziegel von Kleber in St. Johann—Saarbrücken.

Diese Kunststeine stellen verbesserte Kalksandziegel dar (vergl. § 96). Zu ihrer Herstellung wird Kalk durch Behandlung mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure vollständig zum Löschen gebracht, so dass ein nachträgliches Löschen bei Berührung mit feuchter Luft und somit eine hierdurch hervorgerufene Zerstörung des Steines vermieden wird, und dann maschinell mit Sand oder gemahlenen Kies-, Granit- und anderen Quarzgesteinsstücken, auch mit kleinen Mengen Steinkohlenasche und Farbstoffen vermischt, wobei die Masse mit verdünnten Chemikalien berieselt wird. Die innig gemischte Masse knetet man in Formen ein und bringt die so erhaltenen Steine, Ornamente u. s. w., welche in beliebiger Grösse hergestellt werden können, in grosse Kessel, auf deren Boden sehr stark verdünnte Säure gegossen ist. Nachdem der Kessel dampfdicht geschlossen ist, wird die Flüssigkeit erhitzt, bis im Kessel eine Temperatur von 160—170° C. herrscht. Bei dieser Erhitzung tritt kein Schwinden der geformten Stücke ein. Je länger man dieselben erhitzt, desto härter werden sie; man hat es demnach ganz in der Hand, Steine von verschiedenen Härtegraden je nach dem Zweck ihrer Verwendung anzufertigen. Nachdem die Steine einige Stunden im Kessel erhitzt worden sind, haben sie eine solche Beschaffenheit erlangt, dass sie ins Freie gebracht und sofort verwendet werden können. Härte und Festigkeit wachsen allmälig durch die Einwirkung der Kohlensäure der Luft und der Feuchtigkeit.

Durch die Chlorwasserstoffsäure wird ein Theil des Kalkes zu Chlorcalcium umgewandelt, auch werden die in den Sand- oder Gesteinsmassen vorhandenen Oxyde und Silicate unter Bildung der Chloride von Thonerde, Eisenoxyd, Magnesia u. s. w. und unter Abscheidung von gallertartiger Kieselsäure zersetzt.

Wird ein entsprechendes Mischungsverhältniss von Kalk und Sand gewählt, so kann man die pulverisirten Steine, mit Wasser vermengt, als hydraulischen Mörtel verwenden.

Die Kleber'schen Kunstziegel, welche homogene, harte Klinker mit scharfen Kanten darstellen, können eine ziemlich hohe Temperatur ertragen, so dass man sie zu Feuerungsanlagen (z. B. zu Schornsteinbauten) benutzen kann; sie verbinden sich sehr gut mit Kalk- und Cementmörtel, lassen sich leicht bearbeiten und nageln, wirken desinficirend (Schutz gegen Ungeziefer) und kosten verhältnissmässig wenig.

7. Lavamasse von François Gillet in Paris.

Sie besteht aus 2 Theilen pulverisirter natürlicher Lava, 1 Theil Flussmittel (Fritte) und 1 Theil plastischem Thon. Man kann sie beliebig färben und in mannigfache Formen bringen, da sie plastisch ist, auch lässt sich die Masse leicht beschneiden und abdrehen.

8. Künstlicher Baustein aus Rückständen der Sodafabrikation. Patentirtes Verfahren von Wilhelm Schleunig in Berlin.

Ausgelaugter Leblanc'scher Sodarückstand wird in einen halbtrockenen Zustand gebracht, so dass er das Aussehen von feuchter Erde besitzt, dann pulverisirt und hierauf um $^1/_8$—$^1/_{12}$ seines Volumens mit einer innigen Mischung aus frischem Blut und überschüssig gelöschtem Kalk im gallertartigen Zustand vermehrt, welche nach ihrem Festwerden umgeschaufelt und nach mehreren Tagen mit Wasser ausgezogen wird. Die innig gemengte Masse wird mittelst hydraulischer Pressen in geeignete Formen gepresst und

dann an der Luft getrocknet, wobei sie erhärtet. Will man ihre Wasserundurchlässigkeit erhöhen, so setzt man der Mischung noch 6—8 Gewichtsprocente Cement oder 10 Gewichtsprocente hydraulischen Kalk hinzu. Derartige Steine werden zweckmässig noch nach ihrer Pressung 2—3 Tage lang unter Wasser aufbewahrt. Da bei nicht vollständiger Auslaugung der Sodarückstände nachträglich schwefelsaure Salze aus den Steinen auswittern und Risse bilden, so setzt man in zweifelhaften Fällen 5—6 Gewichtsprocente feinst gemahlenen ungeglühten Schwefelkies hinzu, welcher allmälig in basischschwefelsaures Eisenoxyd bei Einwirkung von Feuchtigkeit übergeht, wobei sich im Verein mit dem in der Masse vorhandenen Kalk Eisensulfat bildet.

9. Terracotta-Imitation. Patentirtes Verfahren von Doctor W. Reissig in München.

Abfälle von gebranntem Thon (Porzellanscherben, Chamottepulver, Ziegelmehl) werden, wenn nöthig, geschlämmt und dann mit Ocker, Graphit u. s. w. gefärbt. Von dieser pulverförmigen Mischung werden 60 Gewichtstheile mit 20 (30 oder 15) Gewichtstheilen gebranntem Gyps und 20 (10 oder 30) Gewichtstheilen gebranntem und gelöschtem Kalk innig vermengt, mit Wasser zu einer giessbaren Masse angemacht, geformt, in den Formen bis zur Erhärtung gelassen und dann getrocknet. Zur Erhöhung der Härte wird das Formstück mit einer Lösung aus kieselsaurem Kali überpinselt oder getränkt, die man dadurch erhält, dass man überschüssige, gefällte Kieselsäure in 10% Aetzkali enthaltendes, kochendes Wasser bringt und sich in demselben absetzen lässt. Schliesslich wird das Formstück noch mit einer, aus gleichen Theilen Kaliwasserglas (von 66° Beaumé) und Wasser bestehenden Mischung so lange getränkt, bis nichts mehr eingesaugt wird. Aus dieser Masse gefertigte Gegenstände sollen sich durch scharfe Conturen und grosse Wetterbeständigkeit auszeichnen. Zu ihrer Herstellung kann man neben Gypsformen auch solche aus Leimmasse benutzen.

10. Kunsttuffstein von Dr. L. Grote in Uelzen.

Dieser Kunsttuffstein wird aus Kieselguhr (Infusorienerde) hergestellt und bildet eine Masse mit unzähligen kleinen Luftzellen (von der Porosität eines groben Badeschwammes bis zur feinen Porosität der Knochenkohle). Das

Spreutafeln und Holzseilbretter im § 211.
Gypsdrahtbau (Rabitzwände) im § 212.
Tripolith im § 213.
Cementplatten und Cementfliesen im § 227.
Cementdachplatten im § 227.
Cementdielen und Cementstaaken im § 228.
Bausteine und Ornamente aus Cement im § 229
Cementröhren im § 230.
Monier-Bauten im § 231.
Bausteine u. s. w. aus Beton im § 235.

Drittes Capitel.

Die Hölzer.*)

A. Anatomischer Bau, chemische Zusammensetzung, Asche- und Wassergehalt, Alter, Krankheiten und Fehler des Holzes.

§ 101. Anatomischer Bau.

Erklärung. Im technischen Sinne versteht man unter Holz die unter der Rinde liegende Masse der Stämme, Aeste und Wurzeln von Bäumen und Sträuchern, im wissenschaftlichen Sinne den Bestandtheil der Gefässbündel der Pflanzen.

Holzzellen. Das Holz bildet sich aus verschieden gestalteten, regelmässig rundlichen oder eiförmigen, schlauchförmigen, polyedrischen u. s. w. und verschieden grossen, einen Durchmesser von etwa 0·001—0·5 *mm* besitzenden Zellen, welche im jugendlichen Alter ganz mit Protoplasma (Zellstoff) erfüllt sind. Dieses Protoplasma besteht hauptsächlich aus verschiedenen Eiweisskörpern, Wasser und geringen Mengen unverbrennlicher Bestandtheile (Asche) und stellt eine schleimige bis gallertartige, homogene, farblose, durchsichtige oder durch Fetttröpfchen und Körnchen von Stärke oder kohlensaurem Kalk getrübte, seiner Consistenz nach zähe, steife oder fast flüssige Masse, niemals aber eine eigentliche Flüssigkeit dar. Es ist von einer sehr dünnen und zarten Haut umgeben, die mit zunehmendem Alter der Zelle wächst. Das Volumen des Protoplasma nimmt beim Wachsen der Zelle nicht in dem gleichen Maasse zu wie der Zellenumfang und es entstehen dadurch in seinem Inneren, zunächst zerstreut liegende, kleine und durch ein zartes Häutchen begrenzte Hohlräume (Vakuolen), die bei weiterem

---

*) Benutzte Werke: Ch. Luerssen, »Grundzüge der Botanik«, 4. Auflage, Leipzig 1885. — Prantl's »Lehrbuch der Botanik«, herausgegeben von Pax, 9. Auflage, Berlin 1894. — Walther Lange, »Das Holz als Baumaterial«, Holzminden 1879. Gottgetreu, »Baumaterialien«, 3. Auflage, Bd. I., S. 412—568, Berlin 1883. — »Handbuch der Architektur«, Th. I, Bd. I, S. 187—213, Darmstadt 1895. — Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, Bd. I und III, 4. Auflage, Leipzig 1881—1883 — E. Hoyer, »Lehrbuch der vergleichenden mechanischen Technologie«, 2. Auflage, Wiesbaden 1888. — Brelow, Dammer und Hoyer, »Technologisches Lexikon«, Bd. I, Leipzig 1883. — Exner und Lauboeck, »Das Biegen des Holzes«, 3. Auflage, Weimar 1893. — Th. Krauth und F. S. Meyer, »Die Bau- und Kunstzimmerei«, Leipzig 1893.

mit Zellhäuten umkleiden; enthält das Protoplasma der Mutterzelle nur einen einzigen Kern, so beginnt die Zellentheilung mit der Theilung des Kernes, besitzt es aber mehrere Kerne, so steht die Zellentheilung mit der fortwährend stattfindenden Zweitheilung dieser Kerne in keinerlei Beziehung und es vertheilen sich die Kerne auf die Tochterzellen nach Massgabe ihrer augenblicklichen Lage.

Einen besonderen Fall der freien Zellbildung stellt die Verjüngung oder Vollzellbildung dar, bei welcher die gesammte Protoplasmamasse der Mutterzelle sich zu einer einzigen Tochterzelle neu gestaltet, und zu der Zellentheilung gehört die Absprossung oder Schnürung, bei welcher sich an der Mutterzelle eine kleine blasige Ausstülpung bildet, die mit ihr nur durch einen ganz engen Canal verbunden und mit einem Theile des Protoplasmas der Mutterzelle erfüllt ist; in diesem Canal entsteht eine Scheidewand, durch welche die Abtrennung der Tochterzelle von der Mutterzelle bewirkt wird.

Bildung der Zellgewebe. Nur einige der niedersten Gewächse bestehen aus einer einzigen Zelle, alle höher organisirten dagegen aus mehreren, meist zahlreichen Zellen, die ein Gewebe bilden. Unter Gewebe versteht man also eine Vereinigung von Zellen, die von gemeinsamen Wachsthumsgesetzen beherrscht wird. Am häufigsten bestehen die Gewebe aus Zellen, welche durch oft wiederholte Zweitheilung aus einer oder wenigen Mutterzellen entstanden und von Anfang an in Verbindung geblieben sind. Seltener entstehen die Gewebe durch Verwachsen anfänglich freier, isolirter Zellen, die mit ihren Wänden sich aneinander legen, zu einem mehr- oder vielzelligen Körper oder durch Vereinigung zahlreicher durcheinandergeflochtener, aus Zellenreihen bestehender Fäden (Filzgewebe).

Die einzelnen Zellen verbinden sich zu einem Zellenfaden (Zellenreihe) oder einer Zellenschicht (Zellenfläche) von der Dicke einer einzigen Zelle oder zu einem Zellenkörper, je nachdem sie nur mit zwei gegenüberliegenden Endflächen oder nach zwei Richtungen des Raumes oder nach allen drei Richtungen desselben aneinanderstossen. Die zwischen zwei oder mehreren Zellen auf verschiedene Weise entstandenen Lücken im Gewebe

späteren Alter der Zelle die Membran der Tüpfel aufgelöst (resorbirt), so bilden sich zwischen zwei benachbarten Zellen Porencanäle.

Mit dem Alter und dem Dickwerden der Zellhaut erleidet die Cellulose an manchen äusseren und inneren, schalenartig übereinander gelagerten Theilen Veränderungen: entweder bildet sich eine verkorkte (cuticularisirte), von Flüssigkeiten nur schwer durchdringbare Zellhaut oder eine verholzte, harte, für Wasser leicht durchdringbare, jedoch wenig aufquellende Zellwand oder eine verschleimte, in trockenem Zustande harte und hornartige, sehr viel Wasser aufsaugende und dabei sehr stark aufquellende, gallertartig und schleimig werdende Membran. Diese Veränderungen treten einzeln oder vereint in den verschiedenen Schichten der Zellwand auf. Die meisten Zellhäute enthalten, oft schon im jugendlichen Alter, Einlagerungen von unverbrennlichen Bestandtheilen, namentlich von kohlensaurem Kalk, oxalsaurem Kalk und Kieselerde.

Im Protoplasma eingebettet liegen flach scheibenförmige Körner (Chlorophyllkörner), welche einen fein vertheilten grünen Farbstoff (Chlorophyll oder Blattgrün) in geringer Menge enthalten, durch Einlagerungen wachsen und sich durch Theilung vermehren. Das Chlorophyll ist für das Leben der Pflanze insofern von hoher Bedeutung, als es unter dem Einfluss des Sonnenlichtes den für die Ernährung durchaus erforderlichen Kohlenstoff durch Zerlegung der Kohlensäure der Luft beschafft. Gleichzeitig wird Wasserstoff durch Zersetzung eines Theiles des in die chlorophyllhaltigen Zellen getretenen Wassers gewonnen, welches mit dem Kohlenstoff organische Verbindungen bildet. Diesen Vorgang nennt man Assimilation. In den Chlorophyllkörnern bilden sich bei der Assimilation Stärkekörner (Assimilationsstärke) und Fetttropfen. Die Stärke wird in ein lösliches Kohlehydrat übergeführt und nach den wachsenden Pflanzentheilen befördert und die in einer Vegetationsperiode nicht verbrauchte Stärkemasse im Samen oder in Reservestoffbehältern aufgespeichert (Reservestärke), um in der darauffolgenden Wachsthumsperiode als Baustoff Verwendung zu finden. Die eirunden, linsenförmigen, polyedrischen oder knochenförmigen Stärkekörner sind anfangs sehr klein, sie wachsen aber durch Intussusception oft so stark, dass die Chlorophyllkornmasse um sie nur noch eine ausserordentlich dünne Haut bildet.

Die Zellen entstehen auf mannigfache Weise, niemals aber unmittelbar aus den zu ihrer Bildung nothwendigen chemischen Verbindungen, sondern stets aus vorhandenen Zellen (Mutterzellen), indem sich das Protoplasma derselben ganz oder theilweise neu gestaltet. Man unterscheidet hauptsächlich drei verschiedene Typen der Zellenbildung: die Zellenverschmelzung (Conjugation), die freie Zellenbildung und die Zellentheilung. Bei der Zellenverschmelzung vereinigen sich je zwei oder mehrere Zellen zu einer einzigen, die sich dann mit einer Membran umhüllt; bei der freien Zellenbildung dagegen tritt eine Zellenvermehrung ein, indem nur ein Theil des Protoplasmas der Mutterzelle zur Bildung von zwei oder mehreren, mitunter sogar zahlreichen Tochterzellen verwendet wird, so dass letztere in dem Rest des Protoplasmas der Mutterzelle eingebettet liegen; bei der Zellentheilung wird immer das gesammte Protoplasma der Mutterzelle zur Bildung von zwei, seltener von mehreren Tochterzellen verbraucht, indem sich im Inneren der Mutterzelle eine Scheidewand oder gleichzeitig mehrere bilden (Fächerung der Zellen) und die so entstandenen einzelnen Theile des Protoplasmas sich

Wandungen wasserdicht sind. Diese Korkschicht ist meistens sehr dünn, doch erreicht sie bei einigen Bäumen (z. B. bei der Korkeiche) eine Dicke bis zu 20 *cm*. Alle ausserhalb des Periderms gelegenen Rindenschichten, welche wegen der Undurchlässigkeit der Korkzellen für Wasser vertrocknen, sowie die Epidermis selbst und die an der Luft allmälig verwitternden äusseren Korkschichten werden in späteren Vegetationsperioden abgestossen und die Korklagen durch neue nach aussen geschobene ersetzt. Bei Bäumen von höherem Alter wird dabei in tieferen Schichten der Rinde und zuletzt im Bast stets ein neues Phellogen erzeugt, das neue Korkschichten bildet und später mit allen ausserhalb derselben liegenden Gewebe abstirbt. Auf diese Weise entsteht die Borke, welche also aus abwechselnden Lagen von Kork und abgestorbenen Rinden- und Bastgewebestücken besteht. Die äussersten Borkeschichten werden durch die Dickenzunahme der Kork-, Bast- und Holzgewebe gedehnt und zunächst an einzelnen, später an vielen Stellen zerrissen und dann oft in grossen Schuppen (Schuppenborke) oder in sich ablösenden Ringen (Ringelborke) abgeworfen.

Im Periderm von einjährigen Zweigen vieler Pflanzen findet man Rindenporen (Lenticellen), welche (wie die Spaltöffnungen der Epidermis) den Zutritt der Atmosphärenluft zu dem lebenden Rindengewebe vermitteln und bei sehr mächtiger Korkschicht tiefe, mit Zellenmassen ausgefüllte Canäle bilden. An diesen Rindenporen, die in den meisten Fällen unter den Spaltöffnungen entstehen, sind die Korkzellen durch Intercellularräume von einander getrennt (Füllzellen).

Werden Gewebeschichten durch Verwundung blosgelegt, so bildet sich häufig, früher oder später, aus den äussersten, nicht verletzten und wachsthumfähigen Zellen eine Korkschicht (Wundkork), welche die Wunde nach Aussen hin abschliesst.

Das **Leitungs- oder Gefässbündelsystem** besteht aus fadenförmigen, strangartigen Gefäss- oder Leitbündeln (Fibrovasalbündeln oder Fibrovasalsträngen), welche das Gewebe der höher organisirten Pflanzen skelettartig durchziehen und gewöhnlich verholzt und fester sind als das Grundgewebe. Sie bilden z. B. das Adernetz der Blätter und bleiben, wenn

welche stets behöfte Tüpfel und zwischen diesen oft spiralförmige Verdickungen besitzen. Die Libriformfasern oder bastartigen Holzzellen haben meistens eine bedeutende Länge und sind dickwandiger wie die Tracheïden; ihre Wände besitzen kleine, auch behöfte Tüpfel und sind gewöhnlich einfach und geschlossen, jedoch kommen auch gefächerte Libriformfasern vor. Sodann enthält das Xylem Holzparenchym, welches sich von den Holzzellen durch dünnere Wände mit einfachen Tüpfeln und protoplasmatischen Inhalt unterscheiden und meist aus langgestreckten, verholzten oder unverholzten, oft Gerbstoff, oxalsauren Kalk oder Chlorophyll und im Winter stets Stärke führenden Zellen besteht, die durch wiederholte Quertheilung von Kambiumzellen vor deren Wandverdickung entstehen. Aehnlich sind die das Holzparenchym begleitenden, mitunter auch ersetzenden Ersatzfasern gebildet, die unmittelbar durch Kambiumzellen ohne Quertheilung erzeugt werden.

Im Phloëm (Siebtheil) findet man Siebröhren (Bastgefässe) aus der Länge nach aneinandergereihten, offen miteinander verbundenen Gliedern und angefüllt mit einem zähen, von Protoplasma (*p*) mit ausserordentlich kleinen Stärkekörnern umhüllten Schleim sowie ausgestattet mit weichen, unverholzten, meistens zarten Seitenwänden (Fig. 241), Die horizontalen oder schief gestellten Querwände (oft auch die Seitenwände) der Siebröhren besitzen einzelne oder mehrere nebeneinander liegende und dann durch Knoten von einander getrennte, von mehr oder weniger zahlreichen, dicht aneinander gereihten, offenen, engen Tüpfeln durchbohrte Wandstellen (*s*) (Siebplatten beziehungsweise Siebfelder), welche die offene Verbindung zweier übereinanderstehenden Glieder bilden. Häufig übertrifft die Breite der Querwand die Länge des Querdurchmessers der Siebröhre und es erscheint dann letztere an ihren Enden fussförmig aufgetrieben. Im vollkommensten Zustand besitzt das Phloëm ferner langgestreckte, gewöhnlich sehr dickwandige, meistens stark verholzte, mit Luft erfüllte, prosenchymatische, mit einfachen und in der Regel engen Tüpfeln versehene, zähe und geschmeidig bleibende, meist bündelweise gelagerte Bastzellen oder Bastfasern, welche sich mit ihren spitzen Enden fest ineinander einkeilen und den Holzzellen des Xylems entsprechen. Sodann enthält das Phloëm Bastparenchym, das aus dünnwandigen, unverholzten, ungetüpfelten, protoplasmareichen Zellen besteht und dem Holzparenchym des Xylems entspricht. Sind die Zellen besonders langgestreckt und sehr dünnwandig, so nennt man sie Kambiformzellen. Das Bastparenchym, beziehungsweise die Kambiformzellen und die Siebröhren, bilden den Weichbast, die Bastfasern den Hartbast oder kurzweg Bast.

Das Xylem dient hauptsächlich zur Leitung des Wassers nach den Verbrauchsstellen und das Phloëm besonders zur Leitung der Eiweissstoffe.

Die nicht zum Haut- oder Leitungsgewebe gehörenden Gewebemassen bilden das bald parenchymatisch, bald prosenchymatisch entwickelte **Grundgewebe.** Das prosenchymatische Grundgewebe, dessen Zellen häufig den Bastfasern gleich gebildet sind, wird von den Botanikern jetzt meistens mit Bast bezeichnet; es bildet nach neuerer Auffassung mit den echten Bastzellen und den Libriformfasern zusammen das mechanische System, dessen Festigkeit und Widerstandsfähigkeit eine bedeutend grössere ist als bei den übrigen Gewebeelementen. Das parenchymatische Grundgewebe besteht

gewöhnlich aus dünnwandigen, saftreichen, häufig chlorophyllführenden Zellen, die meistens Intercellularräume zwischen sich lassen. Bei kreisförmiger Anordnung der Gefässbündel theilt sich das Grundgewebe in das central gelegene Mark und in das Rindenparenchym (primäre Rinde), welches das Mark mantelförmig umschliesst. Zwischen beiden werden die parallel zur Längsachse gestreckten Holz- und Bastelemente durch radial verlaufende Reihen aus parenchymatischen, in Richtung des Halbmessers gestreckten Zellen durchsetzt. Diese Zellreihen werden Markstrahlen und im Gefässtheile Xylemstrahlen, im Siebtheile Phloëmstrahlen genannt. Die zur Stoffleitung dienenden Zellen des Mark und Rindengewebes sind oft langgestreckt und bilden dann Längsreihen. Führt dass in grossen Massen entwickelte Grundgewebe (Füllgewebe) Chlorophyll (wie z. B. in den Laubblättern), so nennt man es Blattparenchym oder Mesophyll; dient es im Winter vorübergehend zur Aufspeicherung von Stärke u. s. w., so heisst es Speichergewebe, ist es reichlich mit einer wässerigen Flüssigkeit oder einem dünnen Schleim angefüllt, so bezeichnet man es mit Wassergewebe. Gewisse Zellen oder Zellschichten des Grundgewebes dienen auch zur Verstärkung des Hautgewebes, zur Bildung von Secretbehältern u. s. w. Gegen die Gefässbündel wird das Grundgewebe sehr oft durch die Endodermis (Schutz- oder Gefässbündelscheide) abgegrenzt, deren Zellen lückenlos aneinanderschliessen, an den tangentialen und radialen Wänden verkorkt und wenig wasserdurchlässig sind.

Wachsthum. Bei unseren einheimischen Laubhölzern und den Nadelhölzern wird das Dickenwachsthum, wie bereits oben bemerkt wurde, durch das eine schmale Gruppe von Zellen zwischen dem Holz- und Basttheile bildende, theilungs- oder bildungsfähige Kambium bewirkt. Dieses Kambium scheidet sich bei den Gefässpflanzen aus dem Urmeristem aus, einem Gewebe, dessen Zellen sich in einer lebhaften Vermehrung befinden, welche durch wiederholte Theilung zu Stande kommt, und aus dem die Organe der höheren Pflanzen anfänglich bestehen. Das sich stets im Inneren der Pflanzentheile befindende Kambium ist von Folgemeristem, das sich aus dem

bei grösserer Entfernung der primären (schon vorher ohne Mithilfe des Kambium entstandenen) Stränge — die Holzkörper der letzteren bogenförmig in das Mark vor und bilden die sogenannten Markkrone oder Markscheide. (Vergl. Fig. 244.)

Die Elemente des secundären Holzkörpers stimmen im Allgemeinen mit denen des primären Xylems überein und sind in mannigfachster Weise im Stamme vertheilt. Die Nadelhölzer enthalten nur im ersten Jahresring Gefässe und bilden in den folgenden Vegetationsperioden aus dem Kambium nur noch Tracheïden, die auf der Radialseite durch einen, seltener durch zwei behöfte Tüpfel ausgezeichnet sind (Fig. 242); im secundären Holz der Laubhölzer bilden meistens die Libriformfasern die Grundmasse, in welcher die Gefässe und Holzparenchymzellen so eingebettet liegen, dass die gleichartigen Gewebeelemente sich zu einem zusammenhängenden Gewebe vereinigen und die Gefässe stets unmittelbar an das Holzparenchym angrenzen.

Das Längenwachsthum der Pflanzentheile wird durch das Spitzenwachsthum im Verein mit dem intercalaren Wachsthum hervorgerufen. An bestimmten, aus Meristem bestehenden Stellen, den sogenannten Vegetationspunkten, die an den Wurzeln nahe ihrer Spitze, an den Sprossen am Scheitel liegen, findet gewöhnlich ein lang andauerndes und sehr lebhaftes Wachsen durch Bildung neuer theilungsfähiger Zellen statt, Spitzen- oder Scheitelwachsthum, durch welches der betreffende Pflanzentheil verlängert und gleichzeitig eine normale Anlegung neuer Glieder (Blätter und Zweige) hervorgerufen wird. Die so erzeugten neuen Theile werden durch ein anfangs gewöhnlich sehr lebhaftes, bald aber ganz erlöschendes Wachsthum, intercalares Wachsthum, vergrössert und weiter ausgebildet.

Von einem Flächen- oder Breitenwachsthum spricht man, wenn das Wachsthum in einer Ebene, welche die Längsachse aufnimmt, zu beiden Seiten der letzteren am stärksten stattfindet, während nur ein schwaches Dickenwachsthum senkrecht auf diese Ebene erfolgt. Flächenwachsthum besitzen demnach z. B. die Blätter.

Figur 243 zeigt den etwas schematisirten Querschnitt durch Holz- und Basttheil (Gefäss und Siebtheil) eines einjährigen Zweiges von Cytisus Laburnum, Ende Mai des nächsten Jahres, in etwa 200facher Vergrösserung (nach Luerssen), bei welchem der beigesetzte Pfeil die Richtung von Innen nach Aussen angiebt. Wir sehen aussen ein lockeres Zellengewebe (*r*), welches das innerste Rindenparenchym darstellt, und ein Bündel von Bastzellen (*b*) umgiebt. Neben den Bastzellen befinden sich einige Steinzellen (*st*) mit stark verdickten, verholzten, deutlich geschichteten und durch rundliche, meistens verzweigte Tüpfel durchzogenen Membranen; diese Steinzellen gehören zu dem sogenannten mechanischen Gewebe, das den Pflanzentheilen Festigkeit verleiht. Auf das Rindenparenchym folgt das Kambium (*c*), hinter welchem diesjähriges Holz (*n h*) und vorjähriges (*a h*) sich findet. *g* bezeichnet Gefässe, *h* die Holzzellen (Libriform) und Tracheïden, *hp* Holzparenchym. Die radial verlaufenden, die Holz- und Bastelemente durchsetzenden Zellreihen *m* stellen die Markstrahlen dar.

In Figur 244 ist das Dickenwachsthum am Querschnitt eines einjährigen Dikotylenstammes in etwa sechsfacher Vergrösserung schematisch veranschaulicht. Von der Oberhaut (*a*) ist ein grosszelliges Gewebe (*b*, *f* und

m) eingeschlossen, in welchem eine Anzahl von Gefässbündeln einen Kreis bilden; der äussere, aus Bastzellen (*c*) bestehende Theil dieser Gefässe ist von dem inneren Theile, dem Holzkörper (*e*), durch das Bildungsgewebe (den Kambiumring) *d* getrennt, welcher einen, durch alle Gefässbündel sich ziehenden, geschlossenen Kreis darstellt. Bei weiterem Dickenwachsthum des Stammes bilden die Theile *a*, *b* und *c* die Rinde, die Gefässbündel *e* das Holz und das Zellgewebe *f* das Mark desselben. Die in Richtung des Halbmessers zwischen den Gefässbündeln sich erstreckenden Theile *m* des Gewebes sind die Markstrahlen.

Im zweiten Jahre des Wachsthums schiebt sich zwischen die Holzkörper *e* und die mit der Rinde verbundene Bastschicht *c* ein neuer Kreis von Gefässbündeln ein, im dritten Jahre abermals ein neuer Gefässbündelkreis zwischen Bastschicht und Holzkörper des zweiten Kreises und so fort, so dass der Stamm in jeder Vegetationsperiode um je einen Gefässbündelkreis wächst. Diese auf dem Querschnitt meist deutlich erkennbaren, concentrischen Ringe werden Holzringe oder Jahresringe genannt.

Mark, Jahresringe, Markstrahlen. Um über den inneren Bau des Holzes Aufschluss zu erhalten, sind drei Schnitte durch den Stamm zu führen und zwar senkrecht zur Längsachse, durch die Längsachse und parallel derselben. Der Schnitt senkrecht zur Längsachse des Stammes wird Horizontal-, Quer- oder Hirnschnitt, der Schnitt parallel zu derselben Längenschnitt, und, wenn er in Richtung eines Halbmessers geführt wird, also durch die Stammachse geht, Radial-, Spiegel- oder Spaltschnitt, wenn er jedoch in Richtung einer Sehne verläuft, Tangential-, Sehnen- oder Faderschnitt genannt.

Inmitten des fast immer kreisförmigen Querschnittes eines in dem gemässigten Klima gewachsenen Baumes liegt das Mark, welches durch die Jahresringe von Jahr zu Jahr mehr und mehr eingeschnürt wird, bald eintrocknet und zusammenschrumpft und schliesslich einen, nur mit eingetrockneten Zellhäuten ausgefüllten Raum, die Markröhre, bildet, ja bei alten Bäumen sogar ganz fehlt (Fig. 245, *a*). Zwischen dem Mark und dem ersten Jahresring befindet sich die Markscheide (Fig. 245, *f*).

Die Breite der um das Mark liegenden Holz- oder Jahresringe nimmt bei ganz regelmässigem Verlauf des Wachsthums mit dem Alter des Baumes anfangs zu, später allmälig ab. Aus der Zahl dieser Ringe kann das Alter des Stammes berechnet werden, denn in der Regel bildet sich in jedem Jahre während der Vegetationszeit (Anfang Mai bis Ende August) nur ein solcher Ring. Diese Bestimmung des Baumalters ist jedoch nicht ganz sicher, weil ausnahmsweise in einem Jahre zwei Ringe entstehen können und bei vielen auch einzelne Ringe nicht den ganzen Stamm umgrenzen.

Im Frühjahre werden bei den einheimischen Laubhölzern vom Bildungsgewebe zahlreiche weite, einzeln oder in Gruppen stehende Gefässe (Fig. 245, *g*) und zwischen diesen wenige, gewöhnlich weite und dünnwandige Holzzellen nebst Holzparenchym gebildet; mit fortschreitender Entwicklung des Jahresringes erfolgt meistens eine bedeutende Abnahme der Gefässe an Zahl und Weite und eine Zunahme der Holzzellen, welche in der Regel dickwandiger und allmälig auch enger werden. Mit diesen Holzzellen (*i*), die mitunter auch mit Holzparenchym vermischt sind, schliesst die Bildung des Jahresringes ab. In der nächsten Vegetationsperiode schliesst sich an das

dichte und festere Herbstholz das lockere Frühjahrsholz des neuen Ringes an, so dass zwischen beiden meistens schon mit blossem Auge eine scharfe Grenze, Jahresgrenze genannt, zu erkennen ist. Erfolgt die Abnahme der Zahl und Grösse der Gefässe in jedem Jahresringe allmälig, so nennt man das Laubholz zerstreutporig (z. B. Buche, Linde und Ahorn), findet sich aber im Frühjahrsholz ein Ring von auffallend grossen Gefässen und kommen im Sommer- oder Herbstholz nur viel kleinere Gefässe vor, so heisst das Laubholz ringporig (z. B. Eiche, Ulme und Esche). Fig. 245.

Beim Nadelholz zeigt das Frühjahrsholz der Jahresringe weite und verhältnissmässig dünnwandige Tracheïden; bei weiterer Holzbildung werden diese nach aussen zu allmälig enger und dickwandiger und dabei häufig auch tangential gestreckt, so dass ihr Hohlraum auf dem Querschnitt bisweilen nur eine schmale Spalte darstellt. Man kann also auch hier die einzelnen Jahresringe meistens sehr deutlich von einander unterscheiden. Die Trennung der einzelnen Ringe wird dadurch noch häufig eine schärfere, dass die Wände durch verschiedene Einlagerungen verschiedene Färbungen besitzen.

Da in jedem Jahre der Baum auch in die Höhe wächst, so bilden die Jahresringe langgestreckte, hohlkegelförmige Körper, die von den in den späteren Vegetationsperioden gebildeten ganz überdeckt, beziehungsweise eingeschlossen werden.

Die Breite der Jahresringe ist nicht nur bei der gleichen Holzart, sondern oft auch bei demselben Stamm sehr verschieden. Von Einfluss auf die Ausbildung der Jahresringe sind die Witterungseinflüsse (das Klima), die Laubmenge des Baumes, der Standort, die Astbildung, die Menge der durch die Wurzeln und Blätter (Nadeln) zugeführten Nahrungsstoffe u. s. w. Feuchte, fruchtbare Jahre liefern breitere Jahresringe als trockene, unfruchtbare; Frühjahrsfröste beeinträchtigen die Entwicklungen; Entlaubung des Baumes durch Raupenfrass ruft sehr schmale Ringe hervor. Steht der Baum im geschlossenen Revier oder allseitig frei, so entwickeln sich die Jahresringe überall gleichmässig um den Stamm; befindet er sich am Rande eines Waldes, so bilden sich breitere Ringe auf der freien Seite als auf der von Bäumen umschlossenen, weil die Wurzeln dem Stamm mehr Nahrungsstoffe aus dem angrenzenden fruchtbaren Boden zuführen und sich die Aeste auf dieser Seite stärker entwickeln; dasselbe ist der Fall, wenn der Baum vor einer hohen Wand oder dergleichen steht. Ist die Rinde an einer Seite aufgerissen oder durch Hagelschlag verletzt, so werden die Jahresringe an dieser Stelle, weil hier der Rindendruck aufhört, breiter. Häufig zeigt der Stamm auf seiner Südseite breitere Jahresringe als auf seiner Nordseite und mitunter, z. B. beim Schiefstehen, excentrische Ringe oder wellenförmige.

Nach Karmarsch beträgt die Anzahl der Jahresringe auf 24 *mm* in Richtung des Halbmessers bei der Esche 2—14, der Tanne 5—9, der Lärche 5—30, der Kiefer 18—25, der Erle 6—12, der Buche 6—37 und der Eiche 9—21.

Holz mit schmalen Jahresringen heisst feinjährig, solches mit breiten grobjährig; ersteres ist gewöhnlich schwerer (z. B. bei den Nadelhölzern). Holz mit gleichmässig ausgebildeten Jahresringen besitzt in der Regel einen höheren Werth als solches mit abwechselnd schmalen und breiten Ringen.

Die in den Tropen wachsenden Bäume bilden in einem Jahre mehrere Ringe oder lassen im Querschnitt überhaupt keine Ringe erkennen, weil sie oft ununterbrochen wachsen.

Auf dem Radialschnitt erscheinen die Ringe als nahezu parallele, gerade Streifen (Fig. 245), im Tangentialschnitt dagegen stellen sie unregelmässige Ellipsen, Wellenlinien u. s. w. dar, die man als Fladern oder Masern bezeichnet.

Auf dem Querschnitt des Stammes bemerkt man weiter, entweder schon mit blossem Auge (z. B. bei den Laubhölzern) oder erst unter der Lupe (z. B. bei den Nadelhölzern), vom Mark oder in einiger Entfernung von demselben strahlenförmig (gleich den Halbmessern eines Kreises) bis zum Umfange verlaufende, grobe oder feine, schwach glänzende Linien, Markstrahlen oder Spiegelfasern, welche auf dem Radialschnitt als radiale, glatte, glänzende, auch anders wie die angrenzende Holzmasse gefärbte Bänder (Spiegel) von geringer Höhe und verschiedener Länge (Fig. 245, *c*) und auf dem Tangentialschnitt als elliptische Nester oder kleine, kurze Striche erscheinen (*e*) und ganz oder zum Theil aus meistens radial sehr lang gestreckten, in tangentialer oder verticaler Richtung jedoch sehr kurzen Parenchymzellen bestehen. Nur bei einigen Nadelhölzern (z. B. Kiefern und Lärchen) sind neben diesen Parenchymzellen auch noch radial gestreckte Tracheïden vorhanden. Diejenigen Markstrahlen, welche vom Mark bis zur primären Rinde reichen (*h*), werden Primär- oder Hauptstrahlen genannt; sie entstehen mit dem Beginn des Dickenwachsthums. Secundär- oder Nebenstrahlen heissen die sich erst später bildenden, nicht bis zum Mark reichenden, sondern inmitten des Stammes endigenden Markstrahlen (*k*). Die Markstrahlen speichern im Winter Vorrathsstoffe, namentlich Stärkemehl, auf, und man kann daher das im Winter geschlagene Holz von dem im Sommer gefällten leicht durch seinen Stärkegehalt unterscheiden.

Die Dicke der Markstrahlen wird in Richtung der Jahresringe, die Breite in Richtung der Fasern und die Länge in Richtung des Stammhalbmessers gemessen. Grösse, Gestalt und Lage der Markstrahlen sind sehr verschieden, trotzdem bilden auch sie meistens ein gutes Erkennungszeichen

Kernholz, Schnittholz, Reifholz. Die dem Mark des Baumstammes zunächst liegenden, die älteren Jahresringe umfassenden Theile werden Kern oder Herz, die äusseren und jüngeren Splint und die den Uebergang zwischen beiden bildenden junges Holz genannt.

Bei zahlreichen stärkeren Bäumen ist das Kernholz dunkler (gelb, roth, braun oder schwarz) gefärbt in Folge Einlagerungen von Farbstoffen, Harzen u. s. w. in die Wandungen und theilweise auch in die Safträume der Zellen, auch ist es häufig dichter in Folge der vom Splintholz auf ihn ausgeübten starken Pressung, schwerer und trockener, weil seine sämmtlichen Holzparenchym- und Markstrahlenzellen abgestorben sind und in ihnen die Wasserbewegung aufgehoben ist, ferner fester und härter sowie widerstandsfähiger gegen Fäulniss. Mitunter zeigen die Bäume (z. B. Buchen) falsche oder kranke Kernbildung, hervorgerufen durch lösliche, von aussen in den Kern gelangte Zersetzungsproducte und beginnende Zersetzung des Kernes, zuweilen auch helle, splintartige Ringe (Wandringe, sogenannten falschen Splint).

Lässt sich der Kern vom Splint durch seine Färbung deutlich unterscheiden, so nennt man den Baum Kernholzbaum (z. B. Eiche, Ulme, Esche, Kiefer, Lärche, Pappel, Weide u. s. w.); ist das Kernholz stark ausgetrocknet (also saftärmer als das Splintholz) und ebenso hart sowie gleich (oder nahezu gleich), gefärbt wie letzteres, so bezeichnet man den Baum als Reifholzbaum (z. B. Fichte, Tanne, Rothbuche u. s. w.); führt der Baum durch seinen ganzen Holzkörper eine gleiche Menge Saft und zeigen Kern- und Splintholz keinen Farbenunterschied, so heisst der Baum Splintholzbaum (z. B. Birke, Linde, Weissbuche, Erle, Ahorn, Espe u. s. w.); enthält der Baum zwischen Kern und Splint eine Reifholzschicht, so nennt man ihn Reifholzkernbaum. Alter und Standort des Baumes beeinflussen die Kern- und Reifholzbildung in hohem Grade, denn ältere, auf fruchtbarem Boden gewachsene Stämme besitzen in der Regel mehr Kern- und Reifholz als junge Bäume, die ihren Standort auf magerem Boden haben. Das Reifholz zeigt häufig eine grössere Schwere, Härte und Dauerhaftigkeit als Splintholz.

Textur. Die Textur oder das Gefüge des Holzes wird von den sogenannten Holzfasern (Holzzellen) und den Poren (den Querschnitten der Holzgefässe) gebildet; von ihr hängt die technische Verwendung des Holzes in hohem Masse ab.

Sind auf dem durchschnittenen Stamm mit blossem Auge die Einzelheiten des anatomischen Baues des Holzes gar nicht oder nur unvollkommen wahrnehmbar, so nennt man das Holz fein, lässt sich aber der Bau deutlich erkennen, und zeigt das Holz auffallend dicke und breite Markstrahlen, so heisst es grob. Die Feinheit einer und derselben Holzart ist im Allgemeinen eine bestimmte, jedoch kann sie in Folge verschiedener Wachsthumsverhältnisse mancherlei Abweichungen zeigen; die absolute Grösse der Zellen beeinflusst die Feinheit nur wenig, denn es giebt feine Hölzer (z. B. Linde), welche grobe Holzzellen besitzen. Bei den feinen Hölzern sind die Holzelemente aufs innigste mit einander verbunden (z. B. Buchsbaum) und es ergeben sich beim Abhobeln dünne und gleichförmige Späne, auch werden die Flächen solcher Hölzer schon durch das Abhobeln sehr glatt, so dass sie sich leicht und sauber poliren lassen (z. B. Mahagoni); grobe Hölzer dagegen (z. B.

Eiche und Ulme) erhalten erst durch das Poliren glatte Flächen. Je gröber das Holz ist, desto deutlicher ist der Unterschied zwischen dem Frühjahrs- und Herbstholze der Jahresringe und desto mehr treten die Poren und Markstrahlen hervor. Feine, dicht gebaute Hölzer (besonders die schweren, in den Tropen gewachsenen) besitzen im Allgemeinen einen höheren Werth als die porösen und groben.

Der Verlauf der *Holzfasern* ist ein mannigfaltiger und, wie bemerkt, von der Länge und Breite der Markstrahlen abhängig. Besitzt ein Stamm viele schmale und lange Markstrahlen, so verlaufen seine Fasern gerade und parallel mit der Markröhre. Solche Hölzer (z. B. Nadelhölzer) lassen sich in der Richtung der Markstrahlen leicht und glatt spalten und sicher bearbeiten. Auch alle Hölzer mit grossen, kräftigen Markstrahlen sind in der Regel leicht spaltbar und bereiten der Bearbeitung keine Schwierigkeiten, während Hölzer mit kurzen, breiten und bauchigen Markstrahlen schwer zu spalten und zu bearbeiten sind. Die Holzfasern verlaufen häufig wellenartig oder bilden (z. B. bei starken Verletzungen, Abbrechen dickerer Aeste oder Verkrüppelungen) verworrene Verschlingungen oder schlanke Schraubenlinien Hölzer mit sogenanntem *wimmerigen Wuchs*, d. h. mit krummen oder geschlängelt verlaufenden Fasern sind sehr schwierig zu bearbeiten, weil aus ihnen bei der Bearbeitung leicht Stücke herausspringen. Solche Hölzer zeigen auf der Durchschnittsfläche oft sehr verwickelte Zeichnungen, *Masern*, die nach dem Poliren meistens verschieden gefärbt erscheinen und zum Theil grosse Schönheit besitzen. Obwohl maseriges, geflammtes, wimmeriges Holz zu Bauten nicht verwendbar ist, besitzt es doch meistens einen hohen Werth, und besonders dann, wenn es schöne Asteinwüchse zeigt. Man fertigt aus ihm *Fourniere* für Möbel u. s. w. Manchen Holzarten ist ein wimmeriger Wuchs eigenthümlich, so z. B. der ungarischen Esche, dem Nussbaum, der Birke, Eiche und Ulme, dem Ahorn, dem Mahagoniholz u. s. w., die oft sehr schöne Maserungen besitzen. Bei normalem Wachsthum sind die Zeichnungen des Stammes einfache, man nennt sie *Fladern*.

Wie schon oben bemerkt wurde, wird Holz mit feinen Poren und möglichst wenig hervortretenden Markstrahlen *feinfaserig* und solches mit

der Regel zahlreich vorhanden sind, bei den Laubhölzern dagegen ganz len.

Wird das Holz in der Faserrichtung geschnitten, so nennt man es ngholz und die Schnittebene selbst Aderseite; erfolgt der Schnitt dagen senkrecht zur Faserrichtung, so heisst das Holz Querholz; steht die mittebene senkrecht zur Faserebene oder Aderseite, so wird das Holz rnholz genannt.

Ernährung des Baumes. Als Nahrungsstoffe der Pflanzen dienen vorgsweise Wasser, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff sowie Mineralffe; aus diesen Stoffen werden mit Hilfe chemischer, im Pflanzenkörper ttfindender Processe neue Organe gebildet, wie noch im nächsten Paragraphen ıer erläutet werden wird. Die Bildung der organischen, aus Kohlenstoff, sserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehenden Substanz findet in den orophyllhaltigen Zellen, hauptsächlich also in den Blättern und Nadeln, rch Assimilation (siehe oben), d. h. durch Aufnahme von Kohlenstoff der Kohlensäure der Atmosphärenluft (bei Wasserpflanzen aus der im sser sich vorfindenden Kohlensäure), welche bei einer gewissen Temperatur d unter Mitwirkung des Lichtes zersetzt wird, durch Aufnahme von Sauerff aus der Kohlensäure der Luft und dem Wasser (auch aus Sauerstoff zen des Bodens), durch Aufnahme von Wasserstoff aus dem in den orophyllhaltigen Zellen zersetzten Wasser und endlich durch Aufnahme ı Stickstoff aus Ammoniak- und salpetersauren Salzen des Bodens. Die fnahme des Wassers mit den unverbrennlichen Bestandtheilen des Bodens d den Stickstoffverbindungen erfolgt durch die Wurzeln. Die aus dem den aufgenommenen Nahrungsstoffe (schwefelsaure und phosphorsaure Kali-, lk-, Magnesia- und Eisensalze sowie Stickstoff) werden in dem, im Holzrper aufsteigenden Wasser in gelöster Form den über der Erde liegenden anzentheilen zugeführt, welche, sofern sie nicht von einer dicken Korkicht bedeckt sind, beständig Wasser verdunsten, wodurch das Aufsteigen s Wassers veranlasst wird, da das bei der Verdunstung verloren gehende sser durch neue Wassermengen ersetzt werden muss. Am stärksten erfolgt Wasserverdunstung aus den Zellen des Blattgewebes gegen die luftrenden Intercellularräume hin; diese Verdunstung wird durch die mit der ssenluft verbundenen, durch verschiedene äussere Einflüsse (Schatten und cht) bald enger, bald weiter werdenden Spaltöffnungen geregelt. Sind dieben geöffnet, so ist die Wasserverdunstung eine vollständige, weil sich die nenluft mit der Aussenluft ausgleichen und niemals vollständig mit Wassermpf sättigen kann; sind die Spaltöffnungen aber geschlossen, so findet nur e unvollkommene Wasserverdunstung statt, weil sich die Binnenluft bald t Wasserdampf sättigt.

Als erstes Assimilationsproduct erscheint in den Chlorophyllkörnern die ärke oder ein lösliches Kohlehydrat (Glykose); die Stärke wird eder aufgelöst (in Traubenzucker übergeführt) und aus den Chlorophyllrnern nach den Verbrauchsorten fortgeführt, an denen sie weitere chemische nwandlungen erfährt. Das Kohlhydrat bildet sich aus der bei der Athmung gegebenen Kohlensäure und wird durch die Thätigkeit des Protoplasmas dirt.

Da die Pflanzen sauerstoffärmer sind als die Stoffe, aus denen sie enthen, so müssen sie einen Theil des Sauerstoffes an die Atmosphäre ab-

geben; diese Ausscheidung findet nur in den chlorophyllhaltigen Zellen un unter Mitwirkung des Lichtes, also nur bei Tage, statt; andererseits nehme alle Pflanzentheile sowohl während des Tages als auch während der Nacl aus der Atmosphärenluft Sauerstoff auf, um dafür Kohlensäure an die Atmo sphäre abzugeben; diesen Vorgang nennt man Athmung.

Wie das Wasser, so ist auch der Sauerstoff für jede Pflanze unen behrlich; ersteres dient als Lösungsmittel fast aller Baustoffe der Pflanze un liefert durch seine Zersetzung Wasserstoff und Sauerstoff, die zur Bildun der Pflanzenorgane beitragen; der Sauerstoff veranlasst in den Pflanze Oxydationsprocesse und die Bewegungen (Circulation und Rotation) des Proto plasmas. Entzieht man der Pflanze vollständig das Wasser, oder bringt ma sie in eine sauerstofffreie Atmosphäre, so tritt ihr Tod ein.

§ 102. Chemische Zusammensetzung, Asche- und Wassergehalt der Hölzer.

Die Zellhaut besteht im jugendlichen Alter aus reiner Cellulose, die ein Kohlehydrat ist und sich aus Stärke, Zucker, Inulin und Fetten bildet. Die reine Cellulose ist farblos und wird durch Jod und nachfolgender Schwefelsäure sowie durch Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt, durch Wasser, Alkohol, Aether, verschiedene Säuren und verdünnte Alkalien nicht gelöst, durch Kupferoxyd-Ammoniak und concentrirte Schwefelsäure dagegen gelöst, durch Chlorzink in einen stärkeartigen Stoff, durch concentrirte Schwefelsäure in Zucker und durch eine Mischung von Salpeter und Schwefelsäure in Schiessbaumwolle (Nitrocellulose) verwandelt, die mit Aether und Alkohol vermischt Collodium liefert. Durch Bildung von Cutin oder Suberin wird die Membran verkorkt; sie färbt sich dann durch Behandlung mit Jod und Schwefelsäure nicht mehr blau, sondern gelb, braun, schmutziggrün, braungrün u. s. w. und wird von Kupferoxyd-Ammoniak und concentrirter Schwefelsäure nicht mehr gelöst. Eine Verholzung der Zellhaut bewirkt Lignin, welches an Kohlenstoff reicher und an Sauerstoff ärmer als reine Cellulose ist; denn letztere besteht, wie früher erwähnt wurde, aus 44·4% Kohlenstoff 6·2% Wasserstoff und 49·4% Sauerstoff, während das Lignin

Die Chlorophyllkörner besitzen eine an sich farblose protoplasma
: Grundmasse, in welcher sich eine geringe Menge grünen Farbstoffes
rophyll oder Blattgrün) vorfindet, der sich fast immer nur bei Ein-
ng des Sonnenlichtes und stets nur bei einer bestimmten Wärme sowie
ɔrhandensein von Eisen entwickelt und sich durch Aether, Alkohol u. s. w.
en Chlorophyllkörnern ausziehen lässt.

Die chemisch reine Holzfaser und die im Holze, beziehungsweise in
a Safte sich vorfindenden Stoffe Zucker, Gummi, Stärke, Dextrin
r. bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, einige Oele nur
ohlenstoff und Wasser, die anorganischen Stoffe (Aschebestandtheile)
nmer aus Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Schwefel und Phosphor
nthalten häufig auch noch Chlor, Natrium und Silicium. Das Kalium
: das Wachsthum der Pflanze insofern von Bedeutung, als ohne Chlor-
ı oder auch salpetersaures Kali sich in den Chlorophyllkörnern keine
: bildet und letztere bei alleiniger Zufuhr von phosphorsaurem oder
felsaurem Kali später nicht gelöst und in Traubenzucker u. s. w. über-
t wird. Calcium und Magnesium werden als phosphor-, salpeter- oder
felsaure Salze oder als Chloride von der Pflanze aufgenommen und
wie durch Versuche erwiesen wurde, für das Gedeihen der Pflanze
zu entbehren. Ferner findet man in einigen Pflanzen (namentlich Meeres-
en) die Elemente Brom und Jod, mitunter auch, wenn der Boden sie
ch besitzt, Mangan, Lithium, Kupfer, Zink, Aluminium, Kobalt, Nickel,
tium, Baryum und Rubidium.

Hiernach sind die Hauptnahrungsstoffe der Pflanzen: Kohlenstoff,
erstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium,
um, Magnesium und Eisen.

Dr. F. Fischer veröffentlicht in seinem »Handbuch der chemischen
ıologie« (Leipzig 1893), S. 11, folgende Analysen für die chemische
ımensetzung verschiedener Bauhölzer:

ıch Jnter-ıngen on	Holzart	Chemische Zusammensetzung bei 115° C.				
		Kohlenstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Wasserstoff	Asche
		Procent				
ieb	Eiche	50·22	43·42	0·09	5·99	0·28
	Esche	49·77	43·37	0·07	6·26	0·53
	Hagebuche	49·48	43·77	0·06	6·17	0·52
	130jährige Buche	49·03	44·36	0·11	6·06	0·44
	60jährige Buche	49·14	44·07	0·09	6·16	0·54
	Birke	48·88	44·67	0·10	6·06	0·29
	Tanne	50·36	43·39	0·05	5·92	0·28
	Fichte	50·31	43·08	0·04	6·20	0·37
intz	Eiche	48·94	43·09	—	5·94	2·03
	Buche	46·02	46·94	—	5·86	1·18
	Birke	48·89	44·93	—	6·19	0·99
	Alter Kieferstamm	49·87	43·41	—	6·09	0·63
	Jung. Kieferstamm	50·62	42·58	—	6·27	0·53

Nach W. Lange (a. a. O. S. 38 und 39) hat das Stamm-, Zweig- und
lz einiger Hölzer folgende chemische Zusammensetzung:

Holzart	Kohlenstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Wasserstoff
	Procent			
	a) Stammholz.			
Buche	49·89	43·11	0·93	6·07
Eiche	50·64	42·05	1·28	6·03
Birke	50·61	42·04	1·12	6·23
Espe	50·31	42·39	0·98	6·32
Weide	51·75	41·08	0·98	6·19
Tanne	51·39	41·56	0·94	6·11
	b) Zweigholz.			
Buche	50·08	41·61	1·08	6·23
Eiche	50·89	41·94	1·01	6·16
Birke	51·93	40·69	1·07	6·31
Espe	51·02	41·65	1·05	6·28
Weide	54·03	37·93	1·48	6·56
	c) Astholz.			
Tanne	52·07	40·74	1·12	6·07
Kiefer	52·15	41·09	0·58	6·18

Aus diesen Tabellen ist ersichtlich, dass die verschiedenen Hölzer in ihrer chemischen Zusammensetzung nur wenig von einander abweichen. Am kohlenstoffreichsten sind ihres Harzgehaltes wegen die Nadelhölzer und von den Laubhölzern: Eiche und Weide. Als mittlere chemische Zusammensetzung des lufttrockenen Holzes kann man annehmen:

39·60% Kohlenstoff, 4·8% Wasserstoff, 34·80% Sauerstoff und Stickstoff, 0·8% Asche und 20% Wasser; der Stickstoffgehalt schwankt bei den verschiedenen Holzarten zwischen 0·5 und 1·5%.



olzart	Schwefel-säure	Phosphor-säure	Kiesel-säure	Chlor	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Gesammt-asche
	Procent								
ıholz	0·1	0·3	0·3	—	0·9	0·2	3·1	0·6	5·0
holz	0·1	0·3	0·1	—	0·5	0·2	3·7	0·4	5·0
holz	—	0·2	0·1	—	0·3	0·2	1·5	0·2	2·6
ıholz	0·1	0·1	0·2	—	0·4	0·2	1·2	0·1	2·4
ıholz	0·1	0·1	0·1	—	0·1	0·6	1·0	0·1	2·1
ıholz	0·1	0·2	0·4	—	0·3	0·1	1·3	0·2	2·6
ırinde	0·5	0·7	2·3	0·3	2·3	0·9	19·6	0·8	28·1
ırinde . . .	0·2	0·6	3·8	0·1	1·3	1·0	14·9	1·1	23·9
ırinde . .	0·1	1·4	5·3	—	0·5	0·2	7·5	0·2	17·1

ırtig fand bei der chemischen Untersuchung der Holzasche folgende heile:

Bestandtheile	Buchen-holz	Buchen-rinde	Tannen-holz	Tannen-rinde	Tannen-nadeln
	Procent				
he	11·72	3·02	11·30	2·95	29·09
. . . .	12·37	3·02	7·42	2·95	29·09
elsaures Natron	3·49	3·02	—	2·95	29·09
ıtrium	0·13	—	—	2·95	29·09
ısaurer Kalk	49·54	64·76	50·94	64·98	15·41
ıia	7·74	16·90	5·60	0·93	3·89
.orsaurer Kalk	3·32	2·71	4·43	5·03	38·36
.orsaure Magnesia . . .	2·92	0·66	2·90	4·18	38·36
.orsaures Eisenoxyd . .	0·76	0·46	1·04	1·04	38·36
.orsaures Aluminiumoxyd	1·51	0·84	1·75	2·42	38·36
.orsaures Manganoxyd . .	1·59	—	—	—	—
ıäure	2·46	9·04	13·37	17·78	12·36

ıss der Standort das Mengenverhältniss der einzelnen Aschen-ıeile beeinflusst, ergiebt folgende, dem »Technologischen Lexikon« ıene Tabelle, in welcher die Aschenbestandtheile des Buchenholzes ın sind:

Bestandtheile	Kalksteinboden	Gypsboden	Sandsteinboden
	Procent		
ısaures Kali	6·7	14·6	4·7
ısaures Natron	11·0	14·6	3·2
elsaures Kali	4·4	3·4	23·3
ıtrium	0·7	Spuren	5·0
ısaurer Kalk	27·4	30·9	25·1
ıia	17·7	12·2	12·6
ıorsäuresalze	15·6	9·7	10·9
ıäure	16·9	28·7	12·4

Die in der Holzasche vorhandenen kohlensauren Alkalien begründen die Benutzung der Asche zur Gewinnung von Pottasche und Soda und die Verwendung ihrer Laugen in der Bleicherei, Färberei und Seifensiederei. Im Wasser löst sich das kohlen-, kiesel- und schwefelsaure Kali und Natron der Holzasche auf, während kiesel-, kohlen- und phosphorsaurer Kalk und Magnesia sowie Eisen- und Manganoxyd ungelöst bleiben; der wässerige Auszug der Holzasche reagirt immer stark alkalisch. Man verwendet die Holzasche ferner zur Herstellung poröser Herde für Hüttenprocesse, in der Fabrikation von Glas und Fayence, wegen ihrer schlechten Wärmeleitungsfähigkeit zur Ausfüllung von Geldschränken u. s. w. und zu anderen Isolirungen, auch als Dünger u. s. w. und die Asche von Seetang zur Gewinnung von Jod und Alkalisalzen.

Wenn Holz einer Temperatur von über 150° *C.* ausgesetzt wird, so entweichen Wasser, Kohlensäure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe, Methylalkohol, Essigsäure u. s. w., und es wird also das Holz entgast; der Rückstand ist umso kohlenstoffreicher, je stärker die Erhitzung erfolgt. Bei trockener Destillation des Holzes gewinnt man Essig, Theer, Kohle, Gas und Oel, und zwar in grösseren Mengen beim Laubholz als beim Nadelholz; beim Stammholz ist die Ausbeute grösser als beim Astholz, beim gesunden Holz grösser als beim kranken und beim Kern- und Schnittholz grösser als bei der Rinde.

Die Menge der, den Pflanzensaft bildenden, flüssigen Nahrungsstoffe, die sich theils in rohem Zustande, theils in der Umbildung begriffen in den Pflanzen vorfinden und aus Wasser und den in demselben gelösten oder vertheilten organischen oder unorganischen Stoffen bestehen, ist nicht nur bei den verschiedenen Hölzern, sondern auch bei einer und derselben Holzart, ja sogar in den einzelnen Theilen eines jeden Baumes und in den einzelnen Jahreszeiten verschieden und wird beeinflusst vom Standort des Baumes, ob der Boden nass oder trocken ist, und von der Witterung, weil das Holz bei anhaltendem Regenwetter grössere Wassermengen aufnimmt als bei andauernder Trockenheit. Gewöhnlich nimmt die Saftmenge von der Wurzel nach dem Wipfel und von dem Mark nach der Rinde hin zu und ist beim Kernholz geringer als beim Schnittholz, bei alten Stämmen geringer als bei jungen.

Früher war die Ansicht weit verbreitet, dass unsere Bäume im Winter am saftärmsten und im Frühling am saftreichsten seien; dass diese Ansicht eine irrige war, und dass unsere Bäume gerade im Winter fast immer den grössten Wassergehalt besitzen, geht aus nachfolgender, von Hartig aufgestellter Tabelle hervor:

Saftgehalt von 16jährigen Stämmen in Procenten des Gewichtes.

Holzart	December-Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	September	November
a) Harte Hölzer (Ahorn, Birke, Eiche, Hainbuche, Rothbuche, Stieleiche, Ulme)	**41**	38	36	36	39	35	39	38	34
b) Weiche Hölzer (Erle, Espe, Linde, Rosskastanien, Weide, Pappel)	**53**	**53**	48	47	47	47	50	47	45
c) Nadelhölzer (Fichte, Lärche, Kiefer)	**60**	58	59	54	60	61	60	58	54
d) Im Durchschnitt	51·3	49·6	47·6	46·3	48·6	47·6	49·6	47·6	44·3

Nicht aufgeführt ist in dieser Tabelle das Tannenholz, weil dasselbe die einzige Ausnahme macht, indem es im Frühjahr am saftreichsten und im Winter am saftärmsten ist, wie folgende Tabelle zeigt:

	December-Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	September	November
1. Gewöhnliche Tanne	51	42	55	45	48	52	53	54	49
2. Rothtanne	58	57	60	50	59	—	54	56	54

Durchschnittlich kann man die Wassermenge eines lebenden Baumes gleich seinem halben Gewicht und die eines frischgefällten Stammes der:

Hainbuche	zu	18·6	Gewichtsprocent
Esche	»	24·0	»
Birke	»	30·8	»
Traubeneiche	»	34·7	»
Stieleiche	»	35·4	»
Tanne	»	37·1	»
Kiefer	»	37·7	»
Rothbuche	»	39·7	»
Linde	»	41·1	»
Erle	»	41·6	»
Espe	»	43·7	»
Ulme	»	44·5	»
Fichte	»	45·2	»
Lärche	»	48·6	»
Pappel	»	51·0	»
Weide	»	60·0	»

annehmen (nach Hartig, Karmarsch, Neuffer, Nördlinger, Reissig, Schübler u. s. w.).

Nördlinger classificirt die Bäume nach dem Saftgehalt wie folgt:

sehr saftreich: Bäume mit 50—56% Wasser (verschiedene Pappelarten, Edelkastanie u. s. w.);

saftreich: Bäume mit 40—49% Wasser (Tanne, Erle, Weide, Linde, Rosskastanie, Espe, Nussbaum u. s. w.);

ziemlich saftreich: Bäume mit 39—40% Wasser (Kiefer, Lärche, Birke, Fichte, Ulme, Hainbuche, Eiche, Ahorn u. s. w.);

saftarm: Bäume mit 20—29% Wasser (Buchsbaum, Rothbuche, Akazie, Esche, Kiefer u. s. w.);

sehr saftarm: Bäume mit 17—19% Wasser (Eibe).

Wird das Holz nach dem Fällen an der Luft, geschützt gegen Regen und Schnee, getrocknet, so verliert es einen grossen Theil seines Wassers durch Verdunstung (Imbitionswasser) und wird lufttrocken, es behält aber immer noch eine beträchtliche Menge Wasser (hygroskopisches Wasser) zurück, die sich nur durch starke Erhitzung (Dörren, vergl. § 151)

beseitigen lässt. Die Austrocknung an der Luft erfolgt bei dichtem, hartem Holz langsamer als bei lockerem und weichem, bei dicken Stämmen langsamer als bei dünnen, bei Kloben langsamer als bei Dielen und Brettern.

Der Feuchtigkeitsgehalt des ein Jahr an der Luft und unter Dach gelegenen gefällten Holzes beträgt noch immer im Durchschnitt 20—25%; nach drei- und mehrjährigem Trocknen geht derselbe auf etwa 10—15% und bei lang andauernder Einwirkung einer Wärme von circa 20° *C.* beim Laubholz durchschnittlich auf 8% und beim Nadelholz durchschnittlich auf 10% herab. Stämme von 20—30 *cm* Durchmesser und entsprechend dicke Stücke gespaltenen Holzes gelten erst nach einjährigem Trockenliegen als lufttrocken. Holz, welches zu Tischlerarbeiten verwendet werden soll, muss behufs Vermeidung eines zu starken Schwindens der Möbel u. s. w., 3 bis 4 Jahre lang und Schiffbauholz sogar 6—7 Jahre lang vor seiner Verwendung trocken gelegen haben.

Beim Austrocknen tritt eine Gewichtsverminderung ein, nach welcher der Wassergehalt des lufttrockenen Holzes bestimmt wird; dieser Gewichtsverlust beträgt nach 4—5jähriger Austrocknung etwa 16—17% und nach erfolgter künstlicher Austrocknung im Darrofen etwa 20—33⅓%; gleichzeitig veranlasst der Wasserverlust ein Schwinden des Holzes (vergl. § 112). Wird getrocknetes Holz feuchter Luft oder dem Regen und Schnee ausgesetzt oder unter Wasser gebracht, so nimmt es Wasser in solchem Masse auf, dass es schon nach Verlauf von 6—8 Wochen sein ursprüngliches Volumen wieder erreicht hat. Bei dieser Wasseraufnahme tritt ein Quellen des Holzes ein. Häufig saugt das Holz während weiterer 2—3 Jahre noch Wasser auf, ohne indessen sein Volumen zu vergrössern; da das lufttrockene Holz aber specifisch leichter ist als Wasser, so vergrössert sich mit Zunahme des Wassergehaltes sein Gewicht.

§ 103. Alter, Krankheiten und Fehler der lebenden Bäume.

Unter sehr günstigen Umständen und namentlich in den Tropen erreichen manche Baumarten ein sehr hohes Alter. Von unseren einheimischen Bäumen werden Eichen 1000—1500 (und mehr) Jahre, Linden über 1000 Jahre, Fichten und Tannen zuweilen ebenso alt, Buchen etwa 400 Jahre, Kiefern nur bis 200 Jahre und von den ausländischen die Affenbrotbäume auf der Insel des grünen Vorgebirges 5000—6000 Jahre, die Mammuthbäume (Riesentannen, *Wellingtonia gigantea*) Kaliforniens 3000 Jahre, die australischen Gummibäume, die Cypressen in den sumpfigen Urwäldern Amerikas, die Cedern und die in den Tropen gewachsenen Platanen mitunter 2000 (und mehr) Jahre alt.

Besonders erwähnenswerth ist:

Die Eiche bei Körtlingshausen im Regierungsbezirke Arnsberg, welche einen Umfang von circa 12 *m* hat und deren Alter auf 1400—2000 Jahre geschätzt wird;

die Linde zu Nürnberg mit einem Umfang von 12·5 *m* und einem Alter von mehr als 1000 Jahren;

die Linde zu Neustadt am Kocher, ebenfalls über 1000 Jahre alt;

eine im Böhmerwald im Jahre 1856 gefällte Fichte von 3 *m* Durchmesser (in einer Höhe von 1·7 *m* über der Wurzel), welche ein Alter von nahezu 1300 Jahren erreicht hatte;

der Rosenstock am Dome zu Hildesheim mit einem Alter von mehr als 1000 Jahren;

der Kastanienbaum am Aetna mit fast 20 *m* Durchmesser und viele Jahrhunderte alt (er ist der dickste Baum der Erde!);

ein durch Sturm im Jahre 1868 zerstörter, mehrere Jahrhunderte alter Drachenbaum auf Teneriffa von ca. 15 *m* Durchmesser;

ein Mammuthbaum von 100 *m* Höhe, 7·9 *m* Durchmesser (ohne Rinde und 2 *m* über dem Boden) und ca. 1 *m* dicker Rinde, welcher in der californischen Grafschaft Calaveros auf der Sierra Nevada 1500 *m* über dem Meeresspiegel steht und etwa 3000 Jahre alt ist, — u. s. w.

(Siehe Gottgetreu, a. a. O., S. 439 und 440.)

Die grösste Eiche Deutschlands befand sich zu Pleischwitz bei Breslau; sie hatte einen Durchmesser von nahezu 5 *m* und brach im Jahre 1857 zusammen.

Solche Riesen und Veteranen der Pflanzenwelt gehören nur zu den Seltenheiten und in den weitaus meisten Fällen gehen die Bäume viel früher zugrunde, da sie von vielen Krankheiten heimgesucht werden.

Die Hauptkrankheit der lebenden Bäume ist die Fäulniss. Bis vor kurzer Zeit betrachtete man dieselbe als einen chemischen Process, nach neueren Untersuchungen jedoch wird die Fäulniss immer durch Wucherung mikroskopischer Spaltpilze (Bakterien) eingeleitet, deren Keime oder Sporen in die Spaltöffnungen der Rindenoberhaut eindringen oder auch unmittelbar die unverletzten Membrane der Epidermiszellen durchbohren oder endlich an wunden Stellen des Baumes in dessen Inneres gelangen können. Diese Pilze erzeugen entweder nur eine Erkrankung des Baumes an einer Stelle oder eine Zerstörung eines grösseren Theiles des Baumes, indem sie sich von den Zellen ernähren. Die Folge dieser Zerstörung ist das Verschwinden von Stärke und Chlorophyll aus den Zellen, die braune Färbung und das Zusammenschrumpfen des etwa verbliebenen Restes an Protoplasma, das Schlaffwerden, Zusammensinken und Vertrocknen der Zellwände und endlich das Vertrocknen oder — bei feuchter Umgebung — die Fäulniss des ganzen, von dieser Krankheit befallenen, farblos oder gelb oder braun werdenden Baumtheiles. Die Pilze sind aber auch im Stande, die festen Membrane und in Folge dessen schliesslich ganze Gewebe beziehungsweise Organe zu zerstören oder auf den befallenen Pflanzentheil einen eigenthümlichen Reiz auszuüben und durch denselben eine überreiche Zufuhr von Nahrungsstoffen an der betreffenden Stelle zu bewirken, so dass an dieser eine stark vermehrte Zellbildung und dadurch eine aussergewöhnliche Vergrösserung des Organes, sogenannte Pilzgallenbildung, hervorgerufen wird. (Siehe Luerssen, a. a. O., S. 208.)

Die Ansicht, dass Pilze die Veranlassung von Fäulniss sind, theilen einige Fachleute nicht; nach ihrer Meinung ist die Entstehung der Pilze nur eine Folge der Fäulniss.

Zur Entstehung und zum normalen Fortgang der Fäulniss ist eine bestimmte Temperatur erforderlich, welche zwischen $+10^{0}$ und $+40^{0}$ *C.* schwankt; ausserhalb dieser Wärmegrade wird die Weiterentwicklung der Fäulniss behindert und bei Frost oder Siedetemperatur vollständig aufgehoben. Auch ohne Hinzutritt von Feuchtigkeit ist Fäulniss nicht denkbar; ausgetrocknetes Holz vermag der Fäulniss sehr kräftig zu widerstehen. Der Zutritt von Atmosphärenluft ist wenigstens zum Entstehen der Fäulniss

nothwendig; wenn letztere sich aber im Holz gebildet hat, so wird ihr Fortgang durch Abschluss der Luft nicht gestört.

Fäulnissfähig sind hauptsächlich die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Holzes, also die Eiweissstoffe (auch Leim u. s. w.), welche den Pilzen zur Nahrung dienen; an und für sich nicht fäulnissfähig sind die chemisch reine Holzfaser, die Zellsaftstoffe Zucker, Gummi, Stärke, Dextrin und die Farbstoffe, weil dieselben keinen Stickstoffgehalt besitzen, auch nicht die Gerbstoffe, Harze und ätherischen Oele, die im Gegentheil das Holz widerstandsfähiger gegen Fäulniss machen, indem die Gerbsäure mit den fäulnissfähigen Eiweissstoffen unlösliche Verbindungen bilden und die Harze und Oele den Wasserzutritt erschweren. Das Holz verliert die Fähigkeit zu faulen, wenn man ihm die Eiweissstoffe entzieht; es beruhen deshalb alle Mittel zum Schutze des Holzes gegen Fäulniss auf der Entfernung dieser Nahrungsstoffe der Pilze.

Nach der Stelle des Baumes, von welcher die Fäulniss ausgeht, oder welche sie hauptsächlich befällt, unterscheidet man Stock-, Kern-, Splint-, Ring- und Astfäule.

Die Stockfäule tritt meistens beim Absterben des Mutterstockes (der Pfahlwurzel) und letzteres bei zu flachem Boden ein.

Die das ältere Holz umfassende Kernfäule ist äusserlich nicht erkennbar, dagegen zeigen sich bei Vorhandensein von Splintfäule, die schliesslich auf den Kern übergeht, tiefer liegende Streifen der Rinde.

Die Ringfäule umfasst einen oder mehrere Jahresringe (Mondringe) und tritt besonders bei auf magerem Boden stehenden Eichen auf. Die von dieser Krankheit befallenen Holzringe zeigen eine gelbe, später eine weisse Farbe und saugen begierig Wasser auf. Mit Ringfäule behaftetes Holz ist zwar ebenso tragfähig, aber biegsamer als gesundes Holz, besitzt ein schwammiges Gefüge und bekommt beim Austrocknen kreisförmige, zwischen den Jahresringen auftretende Risse. — Nicht zu verwechseln mit der Ringfäule ist der durch Frost hervorgerufene sogenannte falsche Mondring, der einen scharf begrenzten, heller oder dunkler als das benachbarte Holz gefärbten, stark hygroskopischen Jahresring darstellt. Die Bildung eines falschen Mondringes schädigt den Baum nicht, wenn der auf ihn folgende Jahresring die normale Breite besitzt; bei aussergewöhnlicher Breite ist der Baum jedoch stark beschädigt.

Die Astfäule entsteht an den, durch Abbrechen starker Zweige erzeugten, wunden Stellen, wenn dieselben sehr stark den Witterungseinflüssen ausgesetzt und mit stagnirendem Wasser gefüllt sind. Werden solche Wunden überwallt, das heisst mit einem sogenannten Wundkork verschlossen, der sich aus den äussersten, unverletzt gebliebenen, wachsthumsfähigen Zellen bildet, so tritt Astfäule nicht ein. Diese Krankheit, welche auf den Stamm übergreift und schliesslich ein Hohlwerden desselben hervorruft, ist bei Eichen und Buchen sehr häufig anzutreffen.

Ferner unterscheidet man bei der Fäulniss Roth- und Weissfäule.

Die Roth- oder Nassfäule ist eine langsam verlaufende, durch Wucherung des Rothfäulepilzes (Polyporus) erzeugte Krankheit, von welcher namentlich überständige (alte) Bäume befallen werden, die aber auch junge Bäume heimsucht und dann aus der Stockfäule hervorgeht. Das rothfaule Holz zeigt eine rothe bis braune Farbe und hat ein geringeres Gewicht, sowie

eine geringere Härte, Spaltbarkeit, Elasticität und Festigkeit als gesundes Holz; es saugt begierig Wasser auf, schwindet wenig und zerfällt schliesslich nach Auflösung der Zellwände in eine leicht zerreibliche Masse. Warme und feuchte Luft beschleunigt ihren Verlauf wesentlich, da bei ihrer Einwirkung die Pilze sich ungemein schnell vermehren. Man findet die Rothfäule namentlich häufig bei Eichen, Edelkastanien und Fichten; sie entsteht hauptsächlich am Wurzelstock und im unteren Theile des Kernes. Erkennungszeichen: Dumpfer Klang beim Anschlagen an den unteren Theil des Stammes und (meistens) eine an den Wurzeln haftende braune Modererde.

Weit gefährlicher als die Rothfäule ist die Weissfäule, weil diese Krankheit weit schneller verläuft. Die Weissfäule erzeugt meistens eine weisse Farbe des von ihr befallenen Holzes und hat ihren Sitz in der Mitte des Stammes und namentlich im jüngeren Holze. Diese Krankheit tritt ausschliesslich nur in Laubhölzern auf. In milden Sommernächten zeigt sich ein eigenthümliches Leuchten (Phosphoresciren) des in der Zersetzung begriffenen Holzes, das von mikroskopischen Pilzen erzeugt wird und nach dem Absterben derselben verschwindet.

Unter den Krankheiten und Fehlern des lebenden Baumes sind ferner noch bemerkenswerth:

1. der Brand, welcher sowohl am Stamme als auch am Wurzelende (Wurzelbrand) entsteht und sich leicht bildet bei Verletzung (Quetschung) der Rinde oder bei Frosteinwirkung auf der Sonnenseite oder beim Freiliegen (Lockerung) der Wurzeln oder bei Bäumen, die im geschlossenen Revier geschützt standen und durch das Fällen der Nachbarbäume freigestellt wurden. Diese Krankheit, hervorgerufen durch das Eindringen und die Vermehrung von sogenannten Brandpilzen, nimmt einen schnellen Verlauf, schreitet von der Rinde durch den Bast in den Splint vor und bewirkt ein Absterben des Baumes.

Eine Abart des Brandes ist:

2. der Grind, der nur die Epidermis der Rinde befällt und auf letzerer kleine Warzen und Schuppen bildet.

3. der Krebs oder Kropf, welcher Aussackungen des Holzes und der Rinde am Grunde von Aesten darstellt, die meistens mit einer sehr stark netzartig zerrissenen Rinde bedeckt sind. Bei dieser Krankheit, die sich zuweilen über den grössten Theil des Stammes ausdehnt, gehen die Säfte allmälig in Fäulniss über, wodurch schliesslich der ganze Baum zerstört wird. Die Krebskrankheit der Buchen, Apfelbäume und Fichten wird durch Kernpilze hervorgerufen; sie entsteht aus ähnlichen Ursachen wie der Brand in Folge zu feuchten Bodens, zu rauhen Klimas, zu grosser Saftfülle und bei Tannen häufig durch Ansammlungen von Harz unter der Rinde und erzeugt schliesslich ein Bersten, Zersetzen und Abbröckeln der Rinde.

4. der Thau, welcher zum Theil ganz unschädlich ist. Man unterscheidet: den Harzhonigthau, eine krankhafte, die Blattoberfläche klebrig machende Ausschwitzung von harzigen Stoffen, den Pilzmehlthau, durch Pilze unter Mitwirkung der Atmosphärenluft auf Blättern erzeugt, den Mehlthau, einen weissen, die Pflanzen leicht krank machenden Ueberzug, den Hautmehlthau aus den abgestreiften Häuten der Blattläuse und den Honigthau aus den Auswurfstoffen dieser Thierchen bestehend. Unter Honigthau versteht man aber auch eine klebrige und süssliche Ausschwitzung der Kernpilze.

5. die Zopftrockenheit (das Absterben der Baumkrone), welche in Folge zu hohen Alters oder Raupenfrasses entsteht und an dem Moos erkannt werden kann, das sich, namentlich bei Eichen, auf der Mitte des Stammes und auf den Aesten bildet. Zopftrockenheit ist gewöhnlich ein Zeichen von verdorbenen Säften. In dem abgestorbenen Wipfel der Nadelhölzer findet oft eine starke Ablagerung von Harz statt; ein solcher Wipfel führt den Namen Kienzopf.

6. die Baumdarre (Trockniss), bei unfruchtbarem, zu hartem Boden entstehend und mit Entfärbung der Blätter beginnend. Diese Krankheit bringt den Baum umso schneller zum Absterben, wenn, wie dies oft der Fall ist, Wurm- oder Raupenfrass hinzukommt.

7. die Brüchigkeit. Holz mit sehr breiten, aus dünnwandigen, weichen Zellen bestehenden Jahresringen und einem sehr schwammigen Gefüge heisst brüchig (auch brausch, morsch oder sprokig), wenn es beim Hobeln keine Späne giebt, sondern bröckelt und sich leicht zersetzt. Derartiges Holz saugt stark Wasser auf, trocknet aber nach stattgefundener Durchfeuchtung sehr bald wieder. Leicht brüchig wird Eiche, wenn dieselbe auf einem sehr fetten Boden oder auf tiefem Sandboden oder inmitten von Tannenwaldungen aufgewachsen ist; brüchiges Eichenholz besitzt eine dunkelbraune, häufig ungleichmässig matte Farbe und eine geringe Festigkeit.

8. den Drehwuchs oder die Drehsucht. Diesen Fehler besitzt ein Baum, dessen Fasern in schraubenförmigen Windungen um die Achse des Stammes verlaufen. Drehwüchsiges Holz zeigt eine mit gewundenen Längs rissen versehene Rinde, wirft sich stark und reisst leicht, so dass man aus ihm nicht Bretter schneiden kann, und besitzt eine geringe Tragfähigkeit; trotzdem kann man es, sofern seine Markröhre keinen Drehwuchs zeigt, zu Pfosten und Säulen unbedenklich verwenden. Man trifft Drehwuchs häufig bei Eichen, Rosskastanien und Kiefern, auch bei Buchen, Pappeln, Ulmen u. s. w. an. Dieser Fehler entsteht zum Theil durch eine schiefe Theilung der Zellen, zum Theil durch das Längenwachsthum derselben in beschränktem Raume. Drehungen werden auch durch Rostpilze hervorgerufen, so z. B. der Drehrost der Kiefern. Im Zusammenhange mit dem Drehwuchse findet bei Tannen und Fichten eine sogenannte Verwerfung der Jahresringe statt, bei welcher die Ringe auf der einen Seite sehr schmal und auf der anderen sehr breit erscheinen; dieser Fehler ist oftmals in ganzen Beständen zu finden. (Ueber die, durch verwickelte Verschlingungen der Holzfasern entstehenden Masern ist bereits im § 101 das Nothwendigste mitgetheilt worden.)

9. die Kernrisse (Spiegelklüfte) und die Strahlenrisse; erstere verlaufen vom Kern nach dem Splint (Fig. 246), letztere vom Splint nach dem Kern (Fig. 247), beide in radialer Richtung und mit abnehmender Breite. Diese den Stamm in seiner Länge durchziehenden Risse entstehen durch Zusammenschrumpfen des Holzes, indem das wasserreichere Splintholz sich stärker zusammenzieht als das saftarme Kern- oder Reifholz, wodurch zunächst eine Spannung im Holze und schliesslich eine Trennung seines Zusammenhanges erfolgen muss; letztere tritt manchmal erst beim Fällen, Zersägen oder Umbiegen des Stammes ein und entsteht dann plötzlich unter Erzeugung eines heftigen Knalles; in diesem Falle befand sich das Holz vor der Rissbildung im Zustande äusserster Spannung. Bäume, welche auf einer Seite frei (z. B. an der Waldesgrenze) stehen, zeigen häufig diese Waldrisse, ohne krank zu

sein. Oftmals lassen sich aus Stämmen mit Kernrissen gute Bretter und Bohlen gewinnen. (Vergl. § 112.)

10. die Windklüfte, welche bei starken, durch Stürme veranlassten Bewegungen des Baumes während der Vegetationsperiode entstehen und eine concentrische Trennung der Holzringe darstellen, die bei weiterem Wachsen des Baumes nicht wieder beseitigt wird. Da Bäume mit Windklüften leicht stocken und faulen, so ist dieser Fehler von grosser Bedeutung.

11. die Frostrisse und Eisklüfte, quer durch den Kern gehende, jedoch nicht in Richtung der Markstrahlen verlaufende Spalten, welche durch starke Zusammenziehung und Reissen der Rinde bei plötzlich eintretendem heftigen Frostwetter oder dadurch entstehen, dass das in wunden Stellen angesammelte Wasser gefriert und durch die bei der Volumenvergrösserung des in den festen Zustand übergehenden Wassers auftretende Kraft die Rinde zersprengt wird. Zuweilen findet eine Ueberwachsung dieser Spalten statt und es zeigt dann der Baumstamm auf der Rinde längliche Wulste.

12. die Astknoten, welche sich an solchen Aesten bilden, die allmälig in den durch Dickenwachsthum stärker werdenden Baumstamm eingewachsen sind und wegen Wachsthumstörungen (z. B. in Folge von Lichtmangel) stets schmäler werdende Holzringe erhalten haben. Man findet diese Astknoten hauptsächlich bei Buchen und Eichen, aber auch bei anderen Laubhölzern, und bei den Nadelhölzern besonders bei Fichten und Tannen. Bei letzteren werden die Astknoten in Folge vermehrten Harzgehaltes oft so hart, dass bei der Bearbeitung dieser Stelle oft scharfe Werkzeuge ausbrechen. Werden aus dem mit Astknoten behafteten Holze Bretter geschnitten, so fallen aus diesen die Aeste leicht heraus und es entstehen Astlöcher.

13. die Kernschäle (Ringschäle, Ringklüfte), welche in einer vollständigen oder theilweisen Abtrennung zweier oder mehrerer Jahresringe bestehen, sich namentlich bei Eichen, Weiden, Edelkastanien u. s. w. findet und durch Unregelmässigkeit im Wachsthum, hervorgerufen durch Frost, Sonnenbrand oder äussere Verletzungen, entsteht und namentlich, wenn auf schmale Jahresringe breite folgen. Zuweilen wird der abgesonderte Jahresring durch Frost ganz getödtet und es geht dann der Ring in Fäulniss über, die sich weiter ausbreitet und schliesslich das ganze Stamminnere zersetzt. Hierbei kann die Rinde unverletzt bleiben oder auch sie wird durch den Frost getödtet; im letzteren Falle bildet sich unter der abgestorbenen Rinde eine neue. Man spricht dann, wenn der Jahresring bereits angefault ist, von einem Baumschlag und, wenn das Holz noch gesund ist, von einem Borkschlag. Die Kernschäle ist von aussen selten zu erkennen; sie vermindert die Festigkeit des Holzes und beeinträchtigt seine Verwendbarkeit.

14. die Rindenschäle, bei welcher die Rinde stellenweise abfällt;

15. der doppelte Splint, welcher entsteht, wenn ein Jahresring vor Eintritt des Winters an der Verholzung seiner Zellen gehindert war und sich um dieses unreife Holz im folgenden Frühling eine neue Lage unreifen Holzes legt. Doppelsplintiges Holz, das durch Frost, nassen Boden oder spätes Wachsthum erzeugt wird, geht leicht in Verwesung über, trocknet schnell aus und löst sich dann vom guten Holz ab.

16. der Wurm- und Raupenfrass. Der Wurmfrass, welcher stets ein Zeichen eines kranken Zustandes des lebenden Baumes ist, findet sich hauptsächlich bei frischem, saftreichem und weichem, aber auch bei stockigem

Holz und dringt entweder nur bis zur Kambiumschicht oder bis tief in das Splintholz ein. Die Insecten gehen nicht den Zellen, sondern nur dem Safte nach und bohren sich zahlreiche gerade oder gewundene Gänge von Aussen nach Innen in das Holz, indem sie letzteres in feines Mehl verwandeln. Harzreiches oder von ätherischen Oelen durchzogenes Holz wird selten vom Wurmfrass heimgesucht. Durch Raupenfrass wird in der Regel nur die Belaubung des Baumes zerstört, doch bohren sich auch Raupen oft in das weiche Holz ein. Zu den holzzerstörenden Insecten gehören vorzugsweise der Borkenkäfer (*Bostrychus*), welcher nur die Rinde und die Bastschicht befällt, das Hauskäferchen oder die Todtenuhr (*Anobius pertinax L.*), der Bockkäfer (*Cerambyx*) und die Raupen vom Fichtenspinner oder der Nonne (*Liparis monacha*), vom Kieferspinner (*Gastropacha pini L.*), vom Weidenbohrer (*Cossus ligniperda*) und von der Riesenholzwespe (*Sirex gigas L.*). Wird das vom Borkenkäfer heimgesuchte Holz rechtzeitig gefällt und dann sogleich seiner Rinde beraubt, so kann man es, wenn splintfrei, ohne Bedenken zu Bauzwecken benützen. Wurmfrass erkennt man sehr leicht an der wie von Schrottkörnern durchbohrten Rinde sowie an den Harztropfen, welche sich perlartig am Stamm, beziehungsweise an der Rinde ansetzen. Wurmstichige Bäume werden gern von Spechten aufgesucht.

Kennzeichen der Güte eines lebenden Baumes.*) Ist bei jungen Bäumen die Rinde fein, glatt und von der Wurzel bis zu den Aesten gleichmässig gefärbt, bei älteren mit gleichmässigen Rissen und Runzeln versehen und ohne Flechten und Moose, bei Kiefern an den erhabenen Stellen zwischen den Runzeln grau gefärbt und mit lebhaft röthlichen, mit Grau vermischten Vertiefungen ausgestattet, bei Buchen glatt und aschgrau, jedoch nicht weisslich oder röthlich, so kann man im Allgemeinen annehmen, dass die Bäume gesund sind; lässt sich dagegen eine runzliche, zusammengetrocknete und mit Querrissen versehene Rinde von den Wurzeln leicht ablösen und zeigt sie dann angefressenes Holz oder ist die Rinde mit langen, strangförmigen Wulsten, mit Narben, mit weissen oder rothen Flecken, Schwämmen, Flechten, Moosen, Schurf, Harztropfen bedeckt, so ist der Baum gewöhnlich krank. Auch aus dem Wuchse des Stammes lässt sich die Güte des Baumes leicht beurtheilen, denn ein schlanker und gerader Stamm bei Nadelhölzern und ein nur schwach gekrümmter und nach dem Wipfel zu allmälig sich verjüngender bei Laubhölzern lässt auf eine gute, ein mit Beulen und Aussackungen versehener auf eine schlechte Beschaffenheit des Holzes schliessen. Als weitere Kennzeichen eines brauchbaren Holzes gelten: ein hoher, frisch und dicht belaubter Wipfel, lebhaft grün gefärbtes, frisches Laub, das erst spät im Herbst abfällt, gleiche Blattausbildung, frische, starke Triebe mit glänzender Schale, leichte Biegsamkeit abgehauener Zweige und Aeste, frische, saftige Wurzeln ohne Knollen und viele Ausläufer, heller Ton beim Anschlagen mit einem Holzschlägel an eine auf der Südseite des Stammes gelegene und entrindete Stelle u. s. w.

In zweifelhaften Fällen empfiehlt sich eine Anbohrung des Stammes bis zum Mark und eine Untersuchung der Bohrspäne; damit der Stamm hierbei keinen Schaden erleidet, ist das Bohrloch mit einem Holzkeil wieder sorgfältig zu verschliessen.

---

*) Nach Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, Leipzig 1881, Bd. I, S. 290.

B. Allgemeine Eigenschaften der Hölzer.

§ 104. Einleitung. Aeussere Gestalt.

Die Eigenschaften der Hölzer sind abhängig vom Gefüge, vom Wachsthum, vom Standort, vom Alter, von den Krankheiten und Fehlern der Bäume u. s. w. und daher nicht nur bei Hölzern verschiedener Art, sondern auch bei einer und derselben Holzart, ja selbst bei den einzelnen Theilen eines und desselben Baumes (zwischen dem Splint- und Kernholz, dem unteren und oberen Theil des Stammes, den Aesten und Wurzeln) sehr verschieden, so dass man zuverlässige Angaben über sie kaum machen kann.

Zu den wichtigeren Eigenschaften der Hölzer, die in den nachstehenden Paragraphen besprochen werden sollen, gehören: das specifische Gewicht (die Dichtigkeit), die Härte, die Spaltbarkeit, die Elasticität, die Zug-, Druck-, Scheer-, Biegungs- und Dehungsfestigkeit, die Dauerhaftigkeit, das Verhalten zum Wasser (Quellen und Schwinden), die Farbe, der Glanz, die Durchsichtigkeit, der Geruch und die Brenn- oder Heizkraft.

Aber für die Verwendbarkeit des Holzes zu Bauzwecken ist auch die äussere Form und die Zahl der Aeste des Baumstammes nicht ohne Bedeutung, denn man wird in vielen Fällen einen geraden Stamm einem krummen, einen mehr cylinderförmigen Stamm einem mehr kegelförmigen und z. B. für manche Arbeiten des inneren Ausbaues (z. B. für Fenster, Thüren, Treppen und Fussböden) bei denen eine möglichst grosse Astreinheit zum mindesten erwünscht ist, einen astfreien Stamm einem astreichen vorziehen. Da Nadelhölzer (besonders Tannen und Fichten) meistens einen geraden, fast cylinderförmigen und ziemlich astreinen Stamm besitzen, so werden sie für manche technischen Zwecke brauchbarer sein als Laubhölzer.

§ 105. Das specifische Gewicht.

Das specifische Gewicht der Hölzer ist von der Weite der Holzzellen und Gefässe sowie von der Dicke ihrer Wandungen abhängig; es steht daher mit manchen anderen, ebenfalls von der Porosität der Holzmasse beinflussten Eigenschaften, z. B. mit der Festigkeit, Härte und Dauerhaftigkeit, mehr oder weniger auch mit dem Schwinden und Quellen des Holzes u. s. w. in Beziehung und schwankt bei den einzelnen Holzarten zwischen ziemlich weiten Grenzen. Gewöhnlich ist das specifische Gewicht sehr gross bei Nadelhölzern mit sehr schmalen Jahresringen, insbesondere bei Kiefern, welche im Norden oder auf rauhen Höhen langsam gewachsen sind, ferner bei ringporigen Laubhölzern mit breiten Jahresringen und bei Bäumen, welche in tropischen Gegenden heimisch sind. Im Allgemeinen besitzen Bäume von der Nordseite eines Reviers eine grössere Schwere als solche von der Südseite desselben, auch ist gewöhnlich das specifische Gewicht grösser bei Bäumen von einem trockenen Standort als bei solchen von einem nassen, bei langsam gewachsenen Bäumen grösser als bei solchen mit üppigem Wachsthum, bei im Winter gefällten und demnach mit Reserve-Nahrungsstoffen gefällten Stämmen grösser als bei den im Sommer geschlagenen u. s. w. Im letzteren Falle beträgt unter sonst gleichen Verhältnissen die Gewichtszunahme bei Laubhölzern 8—9% und bei Nadelhölzern durchschnittlich 10%.

Man unterscheidet:

a) Das Grüngewicht, d. h. das Gewicht, des etwa 45% Wasser enthaltenen frisch gefällten Holzes;

b) das Lufttrockengewicht, d. h. das Gewicht des Holzes nach der Austrocknung, also bei einem Wassergehalt von 10--15%;

c) das Darrgewicht, d. h. das Gewicht des künstlich (bei 110° *C.*) getrockneten (gedörrten) Holzes.

Aus dem Grüngewicht erfährt man nur, ob in dem gewogenen Stamm viel oder wenig Luft eingeschlossen ist, dagegen giebt dasselbe darüber keinen Aufschluss, wieviel Wasser und wieviel festen Holzstoff der Stamm besitzt; aus dem Trockengewicht jedoch, noch mehr aber aus dem Darrgewicht, das nur vom specifischen Gewicht der festen Holzmasse abhängt, lässt sich die Porosität des Holzes erkennen, weil das specifische Gewicht des (porenlos gedachten) Holzstoffes bei den verschiedenen Holzarten nur wenig Unterschied zeigt; dasselbe beträgt z. B. beim Eichenholz 1·534, Buchenholz 1·528, Ulmenholz 1·519, Linden-, Birken- und Pappelholz 1·485, Tannenholz 1·462, Ahornholz 1·460 u. s. w. und kann im Durchschnitte zu 1·5 angenommen werden.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Grün-, Trocken- und Darrgewichte der wichtigsten Bauhölzer zusammengestellt worden.

A. Grüngewicht.

Holzart	Nach Karmarsch		Nach Nördlinger (N) und König (K)	Nach Monke
	Grenzwerthe	Mittelwerthe	Mittelwerthe	Mittelwerthe
A. Laubhölzer.				

B. Lufttrockengewicht.

Holzart	Nach Karmarsch Grenzwerthe	Nach Karmarsch Mittelwerthe	Nach Nördlinger (N), Geyer (G) und König (K) Mittelwerthe	Nach Monke Mittelwerthe
A. Laubhölzer.				
Ahorn	0·530—0·810	0·670	0·678 (K)	0·637
Birke	0·510—0·770	0·640	0·697 (K)	—
Eiche	0·530—1·030	0·780	0·86 (N) [Traubeneiche: 0·745]	0·804
Erle	0·430 - 0·680	0·550	0·540 (N)	—
Esche	0·540—0·940	0·740	0·681 (K)	0·771
Linde	0·320—0·604	0·462	0·534 (K)	0·505
Pappel	0·353—0·702	0·527	—	—
Rothbuche	0·590—0·909	0·748	0·745 (N)	0·747
Ulme	0·560—0·854	0·707	0·690 (N)	0·635
Weissbuche	0·620 - 0·902	0·722	0·757 (K)	—
B. Nadelhölzer.				
Fichte (Rothtanne)	0·350—0·600	0·475	0·470 (N)	0·487
Kiefer	0·310—0·828	0·569	0·520 (N)	0·678
Lärche	0·440—0·800	0·620	0·566 (K)	0·607
Weisstanne	0·370 - 0·746	0·558	0·480 (G)	—

C. Darrgewicht.

Holzart	Nach Werneck	Nach Pfeil	Nach Monke gedörrt	Nach Monke verkohlt
A. Laubhölzer.				
Ahorn	0·605—0·618	0·659	0·604	0·247
Birke	0·592—0·607	0·629	—	—
Eiche (Stiel-)	0·628—0·644	0·697	0·766	0·387
„ (Trauben-)	0·659—0·673			
Erle	0·421—0·430	0·455	—	—
Esche	0·608—0·619	0·644	0·746	0·371
Linde	0·413	0·439	0·484	0·240
Pappel	0·346	0·394	—	—
Rothbuche	0·555—0·569	0·591	0·700	0·319
Ulme	0·508—0·518	0·553	0·595	0·284
Weissbuche	0·686 - 0·702	0·773	—	—
B. Nadelhölzer.				
Fichte (Rothtanne)	0·421—0·443	0·470	0·457	0·193
Kiefer	0·473—0·494	0·553	0·662	0·351
Lärche	0·441	0·485	0·560	0·238
Weisstanne	0·487—0·505	0·501	—	—

Nach dem durchschnittlichen Lufttrockengewicht kann man die Hölzer eintheilen in:

1. sehr leichte, deren specifisches Gewicht unter 0·5 beträgt (Linde und Fichte);

2. leichte mit einem specifischen Gewichte zwischen 0·5 und 0·6 (Erle, Pappel, Kiefer und Tanne);

3. mittelschwere, specifisches Gewicht zwischen 0·6 und 0·7 (Ahorn, Birke und Lärche);

4. schwere, specifisches Gewicht zwischen 0·7 und 0·8 (Esche, Ulme, Roth- und Weissbuche);

5. sehr schwere, specifisches Gewicht über 0·8 (Eiche und einige ausländische Hölzer wie z. B. Pockholz, Eisenholz, Ebenholz).

Die Gewichtszunahme getrockneter Hölzer beim Lagern an feuchter Luft oder im Regen und Schnee beträgt bei der Weissbuche 60%, Eiche 60 bis 91%, Rothbuche 63—99%, Fichte 70—166%, Erle 136—163% und Pappel 214%.

Noch zu erwähnen ist, dass Maserholz häufig um etwa ein Drittel schwerer ist als nicht gemasertes Holz derselben Art und Kernholz schwerer als Splintholz.

§. 106. Härte.

Sehr wichtig für die Bearbeitung und demgemäss auch für die Verwendung des Holzes ist seine Härte, d. h. der von ihm dem Eindringen eines Werkzeuges entgegengesetzte Widerstand, welcher von der Dichtigkeit, von dem Verlauf der Holzfasern, von den Witterungsverhältnissen (nasses Holz lässt sich besser durchsägen als trockenes, gefrorenes Holz ist starr und fest), vom Saftgehalt u. s. w. abhängt und mit dem specifischen Gewicht in Verbindung steht. Die Härte lässt sich mittelst Axt, Messer, Säge, Feile u. s. w. nur schwer bestimmen, denn das leichtere oder schwerere Eindringen der Axt in das Holz wird nicht allein von dem Grade der Härte, sondern auch von dem der Spaltbarkeit abhängen; beim Zersägen wird die Härte durch die Cohäsion, Spaltbarkeit und Verschiedenheit des Gefüges stark beeinflusst werden; dem Angriff mit der Feile wird nicht nur die Härte, sondern auch die Spaltbarkeit, Zähigkeit und Grösse des Harzgehaltes und dem Hobeln in Richtung der Fasern wird hauptsächlich die Spaltbarkeit und Zähigkeit entgegenwirken.

In Richtung der Fasern ist die Härte im Allgemeinen beim langfaserigen Holz grösser als beim kurzfaserigen und beim Holz mit wellenförmig verlaufenden Fasern grösser als beim langfaserigen, beim Herbstholz der Jahresringe grösser als beim Frühjahrsholz, beim Kernholz (namentlich wenn dasselbe dunkler gefärbt ist) grösser als beim Splintholz, bei dichten und schweren Hölzern grösser als bei lockeren und leichten, bei langsam gewachsenen Hölzern grösser als bei üppig gewachsenen, bei Hölzern der Tropen grösser als bei denen des gemässigten Klimas u. s. w. Die Härte des Holzes ist in der Regel am gleichmässigsten, wenn seine Fasern am gleichmässigsten zusammenstehen, und sie wird nicht, wie vielfach noch angenommen wird, durch die Feinheit des Gefüges beeinflusst, denn es besitzen z. B. die grobporigen Eichen, Ulmen und Eschen eine ziemlich grosse Härte. Bei den im heissen Klima gewachsenen Hölzern (z. B. den Eisenhölzern) erreicht die Härte oft einen so hohen Grad, dass sich die Hölzer nur im frischen Zustande, oder nachdem sie in Wasser gekocht sind, mit Stahlwerkzeugen bearbeiten lassen; solche steinharten Hölzer besitzen eine so grosse Schwere, dass sie im Wasser sofort untersinken.

Nördlinger unterscheidet acht Härteclassen, nämlich:

Classe 1. Steinhart (Pockholz, Ebenholz, Teakholz).
» 2. Knochenhart (Buchsbaum u. s. w.).
» 3. Sehr hart (Weiss- und Schwarzdorn u. s. w.).
» 4. Hart (Ahorn, Rothbuche, Esche u. s. w.).
» 5. Ziemlich hart (Legföhre, amerikanische Rotheiche, Ulme u. s. w.).
» 6. Etwas hart (Silberahorn, Edelkastanie, Stieleiche, Traubeneiche u. s. w.).
» 7. Weich (Fichte, Tanne, Erle, Birke, Lärche, Kiefer, Weide u. s. w.).
» 8. Sehr weich (verschiedene Pappelarten, Espe, Linde u. s. w.).

Untersuchungen der Härte von trockenem Holze mittelst der Säge ergaben (nach Gottgetreu) folgende aufsteigende Reihe: Fichte, Erle, Birke, Eiche, Weissbuche, Rothbuche, Ahorn, Ebenholz, und beim feucht gewordenen Holz die aufsteigende Reihe: Fichte, Eiche, Erle, Birke, Weissbuche, Rothbuche, Ahorn und Ebenholz.

In der Technik unterscheidet man bezüglich der Härte nur zwei Classen, nämlich:

1. Weiche Hölzer (Nadelhölzer, Linde, Pappel, Espe, Weide, Erle, Birke u. s. w.), welche hauptsächlich zu Zimmermannsarbeiten (Balken, Dachhölzern u. s. w.) verwendet werden;

2. harte Hölzer (Ahorn, Buche, Eiche, Kastanie, Buchsbaum u. s. w.), welche hauptsächlich zu Constructionen des inneren Ausbaues (Fenstern, Thüren, Treppen u. s. w.) sowie zu Drechslerarbeiten benutzt werden.

§ 107. Spaltbarkeit.

Unter Spaltbarkeit versteht man die Fähigkeit des Holzes, in Richtung des Faserlaufes beim Eindringen eines entsprechend wirkenden, keilförmigen Werkzeuges zu zerklüften; den Widerstand des Holzes gegen eine seitliche, in Richtung der Längsachse erfolgende Trennung seiner Fasern nennt man Spaltfestigkeit. Man unterscheidet eine Spaltbarkeit in radialer Richtung d. h. in Richtung der Markstrahlen oder Spiegel und eine Spaltbarkeit in Richtung der Sehne d. h. in Richtung der Jahresringe. In der Richtung normal zur Baumachse lässt sich Holz nicht spalten. Die Spaltbarkeit des Holzes in radialer Richtung ist um das Doppelte bis Dreifache grösser als die in Richtung der Sehne, weil die das Holz vom Mark bis zur Rinde durchsetzenden Markstrahlen die einzelnen Faserbündel von einander trennen. Ohne Einfluss auf die Spaltbarkeit ist jedoch die Länge der Spiegel, denn es lassen sich Hölzer mit kleinen Spiegeln (z. B. Ahorn- und Buchenholz) ebenso leicht spalten, wie solche mit starken Spiegeln (z. B. Eichenholz). Auch mit wachsender Zahl der Spiegel nimmt die Leichtspaltigkeit nicht zu, denn beispielsweise lässt sich die spiegelreiche Korkeiche nur sehr schwer spalten.

Auch die Spaltbarkeit wird von anderen Eigenschaften des Holzes stark beeinflusst, so z. B. von der Härte und von der Elasticität. Sehr harte Hölzer sind schwer zu spalten, weil sie dem Eindringen des Spaltwerkzeuges einen grossen Widerstand entgegensetzen; aber auch sehr weiche Hölzer sind schwer zu spalten, weil sich in sie das Werkzeug versenkt,

ohne eine Kluft zu erzeugen. Daher wächst die Leichtspaltigkeit nicht in dem Grade, wie die Härte abnimmt. In der Regel lassen sich mittelharte Hölzer am leichtesten spalten.

Ist ein Holz sehr elastisch, so lässt es sich gewöhnlich gut spalten, denn der durch das Werkzeug hervorgerufene Spalt erweitert sich dann leicht, weil die Spaltflächen vermöge der Elasticität bestrebt sind, sich wieder gerade zu richten.

Von Einfluss auf die Spaltbarkeit ist auch der Feuchtigkeitsgrad des Holzes und Frostwetter. Grünes, saftreiches Holz setzt dem Spalten einen geringeren Widerstand entgegen als altes und ausgetrocknetes, und Frost vermindert die Spaltbarkeit. Soll aus einem Stamm sogenannte Spaltwaare hergestellt werden, so empfiehlt es sich, ihn in der Saftzeit zu fällen und nach dem Fällen sofort zu spalten.

Sodann ist die Spaltbarkeit abhängig von dem Verlauf der Holz- und Gefässbündel; Holz mit gerade verlaufenden Fasern lässt sich leichter spalten als solches mit gewundenen Fasern, und je mehr Drehwüchsigkeit der Stamm besitzt, desto grösser ist im Allgemeinen seine Schwerspaltbarkeit. Als leichtspaltig gelten glatte und runde Stämme mit senkrecht verlaufenden Rissen in der Rinde, als schwerspaltig maserige, astreiche und rindenbrüchige, sowie krumme und ungleichmässig dicke Stämme.

Man unterscheidet folgende acht Grade der Spaltbarkeit:

1. äusserst schwerspaltig: Buchsbaum, Platane;
2. sehr schwerspaltig: gemeine Birke, Weissbuche, Akazie, Ulme;
3. schwerspaltig: Ahorn, Esche;
4. mittelschwerspaltig: Schwarzföhre, Steinbuche;
5. ziemlich leichtspaltig: Nussbaum, Lärche, Edelkastanie.
6. leichtspaltig: Erle, Kiefer, Espe, Stiel- und Traubeneiche, Weide, Linde;
7. sehr leichtspaltig: Tanne, Fichte, Weymuthsföhre, gemeine Buche;
8. äusserst leichtspaltig: Pappel.

Wichtig ist die Spaltbarkeit für die Erzeugung von Spaltwaaren, wie z. B. von Fassdauben, Weinpfählen, Dachschindeln, Resonanzholzmuseln u. s. w.

Ueber die Spaltfestigkeit findet man im § 110 Angaben.

§ 108. Elasticität (Federkraft).

Mit Elasticität bezeichnet man das Bestreben der Körper, ihre unter Einwirkung einer Kraft veränderte Gestalt nach Beseitigung der Kraft wieder anzunehmen. Die früher allgemein, aber auch heute noch ziemlich weit verbreitete Ansicht, dass eine bleibende Formveränderung des Körpers erst dann eintritt, wenn die Beanspruchung eine gewisse Grösse erreicht und die durch sie hervorgerufene Verlängerung oder Verkürzung ein gewisses Maass überschritten hat, ist eine irrige, denn die von Hodgkinson, Clarke, Bauschinger u. A. angestellten Versuche haben ergeben, dass schon bleibende Formveränderungen des Körpers durch kleine Beanspruchungen hervorgerufen werden können. Diejenige Beanspruchung, unter welcher man bleiben muss, wenn die Formveränderung keinen für den beabsichtigten Zweck unzulässigen Grad erreichen soll, nennt man Elasticitätsgrenze, auch Proportionalitätsgrenze, weil unterhalb dieser Beanspruchung die Verlängerungen oder Ver-

kürzungen als proportional den erzeugenden Kräften angenommen werden können und der Elasticitätsmodul nahezu constant bleibt. Unter Elasticitätsmodul versteht man diejenige Kraft, welche erforderlich sein würde, um einen Körper vom Querschnitt = 1 auf das Doppelte seiner Länge auszudehnen, oder ihn um seine eigene Länge zusammenzudrücken, wenn dies sein Gefüge zuliesse; da dies nicht der Fall ist, so lässt sich der Elasticitätsmodul nur annäherungsweise ermitteln.

Die Elasticität oder Federkraft des Holzes hängt vom anatomischen Bau desselben ab und wird auch vom Klima, von der Bodenbeschaffenheit (dem Standort) und vom Wassergehalt des Holzes beeinflusst. Die Elasticität besitzt selbst bei einem und demselben Stamm einen verschiedenen Grad, je nachdem nämlich das Holz nach seiner Faserrichtung oder senkrecht auf diese im Sinne des Halbmessers oder im Sinne der Sehne in den Jahresringen beansprucht wird. Beim Holz steht die Elasticität in der Regel im geraden Verhältniss zu seinem specifischen Gewichte, und sie erreicht bei biegsamen und zähen Hölzern, also bei Nadelhölzern, einen ziemlich hohen Werth.

Der Wassergehalt hat auf den Elasticitätsmodul nur einen geringen, auf die Elasticitätsgrenze dagegen einen grossen Einfluss, denn beim stark gedörrten Holze liegt diese nahe der Bruchgrenze, bei welcher eine Zerstörung, Zerreissen, Zerdrücken u. s. w. des Körpers eintritt. Bei luftrockenen Hölzern wird nach Karmarsch die Elasticitätsgrenze schon bei einer Beanspruchung von $^1/_5$—$^1/_3$ der Bruchkraft erreicht.

Bei der Tanne nimmt (nach Lange) die Elasticität mit abnehmender Breite der Jahresringe zu; bei gleicher Breite der Jahresringe ist das Splintholz der Tanne elastischer als das Kernholz. Ringporiges auf der Nord-, Nordwest- und Nordostseite eines Bestandes gewachsenes, geradfaseriges Holz besitzt meistens eine grosse Elasticität, schwammiges (nicht ringporiges) Holz ist unelastischer als engporiges, in der Zersetzung begriffenes Holz unelastischer als gesundes, altes Holz unelastischer als junges, astreiches Holz unelastischer als astfreies, grünes Holz unelastischer als lufttrockenes, beschlagenes Holz unelastischer als rundes, unbeschlagenes u. s. w.

Karmarsch hat die Elasticitätsgrenze durch Beanspruchung prismatischer Stäbe von 1 *mm*² Querschnittsfläche für verschiedene Holzarten ermittelt. Er erhielt folgende Werthe:

Holzart	Belastung für die Elasticitätsgrenze in *kg* pro *cm*²	Dabei eintretende Verlängerung
Buche	163	1 : 570
Eiche	272	1 : 430
Esche	252	1 : 385
Fichte	252	1 : 470
Lärche	142	1 : 510
Tanne	249	1 : 500
Ulme	220	1 : 414

Nach den Ermittelungen anderer Fachleute ist die nachfolgende Tabelle zusammengestellt worden.

Holzart	Elasticitätsgrenze parallel zur Faser		
	für Zug	für Druck	für Biegung
	in Kilogramm für das Quadratcentimeter		
Eiche (Stiel-)	350	222	271
» (Trauben-)	282	209	177
Esche	203	—	—
Fichte	209	180	130
Lärche	172	240	157
Kiefer	170	260	797
Rothbuche	245	249	198
Tanne	235	190	143
Ulme	147	155	156

Für den Elasticitätsmodul wurden folgende Durchschnittswerthe (in Kilogramm für das Quadratcentimeter) ermittelt:

Holzart	Für Zug	Für Druck	Für Biegung	Nach
Eiche	108.000	103.000	100.000	v. Tetmaier
Buche	180.000	169.000	128.000	« «
Kiefern-Kernholz	54.000	84.000	108.000	Bauschinger
Kiefern-Splintholz	127.000	108.000	—	«
Fichten-Kernholz	61.000	89.000	111.000	«
Fichten-Splintholz	123.000	109.000	—	«

Als Mittelwerthe kann man annehmen:

a) Für die Elasticitätsgrenze
bei Zugbeanspruchung: 240 *kg*, bei Druckbeanspruchung: 220 *kg*, bei Biegungsbeanspruchung: 170 *kg* für das Quadratcentimeter.

b) für den Elasticitätsmodul
bei Zugbeanspruchung: 120.000 *kg*, bei Druckbeanspruchung: 114.000 *kg*, bei Biegungsbeanspruchung: 112.000 *kg* für das Quadratcentimeter.

Nördlinger unterscheidet sechs Elasticitätsgrade, nämlich:

1. äusserst elastisch: Ebenholz, Teakholz;
2. sehr elastisch: gemeine Akazie, Silberahorn;
3. elastisch: Birke, Espe, Linde, Nussbaum, Ulme;
4. ziemlich elastisch: gemeiner Ahorn, Buche, Eiche, Esche, Fichte;
5. schwach elastisch: Erle, Hainbuche, Lärche, Tanne;
6. sehr schwach elastisch: eschenblätteriger Ahorn, Erle, Kiefer, Pappel.

§ 109. Biegsamkeit, Zähigkeit, Sprödigkeit.

Mit der Elasticität steht die Biegsamkeit in Beziehung, denn biegsame Hölzer sind gewöhnlich auch elastisch. Ein Holz ist **biegsam**, wenn es sich, ohne zu zerbrechen, bis zu einem gewissen Grade krümmen und in dieser gekrümmten Lage nachher erhalten lässt. Die Kraft, welche eine derartige bleibende Formveränderung hervorzubringen vermag, liegt demnach zwischen

der Elasticitäts- und Bruchgrenze und vernichtet einen Theil der Elasticität. Da sich bei künstlich gebogenen Hölzern die Fasern bereits immerdar in Spannung befinden, so dürfen solche Hölzer (z. B. bei Holzbogenbrücken) nicht so stark beansprucht werden wie nicht gekrümmte Hölzer.

Die Biegsamkeit ist bei den einzelnen Holzarten, auch bei den einzelnen Theilen eines Baumes, verschieden gross. Im Allgemeinen ist Wurzelholz biegsamer als Stammholz, und letzteres biegsamer als Wipfelholz. Sehr oft besitzt Kernholz eine grössere Biegsamkeit als Splintholz, und immer ist die Biegsamkeit beim frisch gefällten, jungen und mit Wasser durchtränkten Holz grösser als beim lufttrockenen und bei letzterem grösser als beim gedörrten; es hängt daher der Grad der Biegsamkeit vom Feuchtigkeitsgrad des Holzes wesentlich ab. Die Biegsamkeit lässt sich durch Erwärmen des Holzes (durch Behandlung mit Wasserdampf oder mit heissem Wasser), aber auch dadurch bedeutend erhöhen, dass man die obere Fläche des zu krümmenden Holzes mit Wasser begiesst und die untere durch ein Kohlenfeuer erwärmt (vergl. auch § 112).

Buchen- und Eichenholz sind bedeutend biegsamer als Tannen- und Fichtenholz, wie aus den folgenden Verhältnisszahlen ersichtlich ist, welche die Gewichtseinheiten angeben, durch die Stäbe von gleicher Länge und demselben Querschnitt um das gleiche Mass gekrümmt werden:

Eichenholz 62—84, Buchenholz 67, Tannenholz 90, Fichtenholz 100.

Einen hohen Grad von Biegsamkeit nennt man Zähigkeit, einen niederen Sprödigkeit. Um die Zähigkeit der Hölzer festzustellen, werden dieselben so lange hin und her gebogen, bis sie zerbrechen. Setzt man die Zähigkeit des Eichenholzes = 100, so erhält man folgende Verhältnisszahlen:

Weide 108, Fichte 104, Eiche 100, Buche und Tanne 97;

nimmt man aber (nach Pfeil) die Zähigkeit des Ulmenholzes = 100 an, so ist die Reihe folgende:

Ulme 100, Lärche und Hainbuche 80, Eiche 77, Kiefer 75, Weidenstamm 75, Fichte 75.

Zu den zähesten Hölzern gehören die jungen Stämme und Schösslinge von Weiden (Flechtweiden), Haselnussbäumen, Birken, Ulmen, Hainbuchen, sowie die Fichtenäste und Kiefernwurzeln; sehr zähe sind auch junge Stämme von Eichen-, Erlen-, Eschen-, Feldahornbäumen und Massholdern; spröde sind die alten Eichen, Erlen, Rothbuchen u. s. w. Sehr zähe Hölzer benutzt man zu Maschinen- und Stellmacherarbeiten (z. B. zu gebogenen Radreifen aus einem Stück), zu Flechtwerken, feinem Spaltholz (z. B. zu Dachschindeln), gebogenen Möbeln, gekrümmten Spänen zu Schachteln, gebogenen Schiffbauhölzern u. s. w.

§ 110. Festigkeit.

Unter Festigkeit des Holzes versteht man den Widerstand desselben gegen eine Trennung seiner Holzfasern durch eine in Richtung der Fasern oder senkrecht auf diese (radial oder tangential) wirkende, zerreissende, zusammendrückende, biegende (brechende), abscheerende oder verdrehende Kraft. Die Festigkeit des Holzes ist vom Gefüge und dem specifischen Gewichte abhängig, d. h. von der Masse der Fasern, ihrer mehr oder weniger innigen

Verflechtung und Verbindung und ihrer Länge. Da das Gefüge nicht nur bei den einzelnen Holzarten, sondern auch bei den einzelnen Theilen desselben Baumes, oft sogar an zwei Stellen eines einzigen Stückes sehr verschieden ist, so schwankt die Festigkeit im grossen Ganzen zwischen ziemlich weiten Grenzen. Im Allgemeinen ist Kernholz fester als Splintholz, trockenes Holz fester als feuchtes, langsam gewachsenes fester als üppig gewachsenes, schweres fester als leichtes, unbeschlagenes fester als beschlagenes, in kälteren Gegenden gewachsenes Nadelholz fester als das in wärmeren Gegenden gewachsene, aus den Tropen stammendes Holz fester als das im gemässigten Klima gewachsene u. s. w.

Die von vielen hervorragenden Fachleuten, z. B. von Rondelet, Karmarsch, Redtenbacher, Nördlinger, Mikolaschek, Bauschinger, Böhme u. s. w., angestellten Untersuchungen der Festigkeit von Hölzern haben Zahlen ergeben, welche zum Theil sehr weit von einander abweichen. Dies kann nicht befremden, wenn man bedenkt, dass die Festigkeit von sehr vielen Factoren abhängt, dass selbst Versuchshölzer derselben Art trotz sorgfältigster Auswahl in Bezug auf Faserung (Gefüge und Dichtigkeit), Trockenheit, Bearbeitung (Beschlagen), Alter u. s. w. oft ganz verschiedene Festigkeiten zeigen, und dass z. B. ein Langholz, in drei bis vier gleiche Theile geschnitten, mitunter in jedem einzelnen Stücke eine andere Festigkeit besitzt.

In den nachfolgenden Tabellen bedeuten die Zahlen die Anzahl von Kilogrammen, durch welche ein prismatischer Stab von 1 cm^2 Querschnittsfläche zum Bruch gebracht wird.

A. Zugfestigkeit (absolute Festigkeit).

a) Die Kraft wirkt in Richtung der Fasern.

Holzart	Nach Karmarsch	Nach Nördlinger	Nach Mikolaschek u. A.	Nach Chevandier u. Wertheim
Ahorn	291—1286	—	—	—

b) Die Kraft wirkt quer zur Faserrichtung (Querfestigkeit, Spaltfestigkeit.)

Nach Karmarsch:

Ahorn	37— 72
Birke	62—106
Eiche	44— 61
Erle	17— 33
Esche	22— 41
Espe	17— 41
Hainbuche	77—101
Kiefer	15— 59
Rothbuche	65—122
Tanne	12— 41
Ulme	34— 37

Nach Rondelet:

Eiche	50
Buche	73
Kiefer	48

Setzt man die mittlere Zugfestigkeit in der Längsrichtung der Fasern = 1, so ist nach Nördlinger die mittlere Zugfestigkeit nach der Richtung der Markstrahlen (radial) = 0·1 und die nach dem Umfange der Tangente = 0·09.

Nach Chevandier und Wertheim u. A. ist die Querzugfestigkeit:

	a) im Sinne des Halbmessers	*b)* im Sinne der Tangente
beim Eichenholz	58·2	40·6
» Eschenholz	21·1	40·8
» Kiefernholz	19·0	40·0
» Rothbuchenholz	88·5	75·2
» Tannenholz	22·0	29·7
» Ulmenholz	34·5	36·6

B. Druckfestigkeit (rückwirkende Festigkeit).

a) Die Kraft wirkt in Richtung der Fasern.

Holzar	Nach Mikolaschek	Nach Heinzerling	Nach Nördlinger
Esche	—	3/5 der Zugfestigkeit in Richtung der Holzfasern	439
Fichte	297	1/2	296—448
Kiefer	302	1/2	444
Lärche	320	1/2	406—625
Rothbuche	386	3/5	612
Stieleiche	364	2/3	511
Tanne	312	1/2	425
Traubeneiche	258	2/3	—
Ulme	236	—	439

Amerikanische Kiefer: 477 (nach Hodgkinson).

b) Die Kraft wirkt senkrecht zur Faserrichtung.

Buche 350 Esche 350 Eiche 350 Kiefer 220

C. Biegungsfestigkeit (relative Festigkeit).

Die Kraft wirkt senkrecht zur Faserrichtung.

Holzart	Nach Nördlinger	Nach Mikolaschek	Nach Barlow	Nach Ebbels u. Tredgold	Durchschnittswerthe (nach Lange)
Ahorn, gemeiner	1026	—	—	677	967
» eschenblättriger	776	—	—	—	776
» Silber-	1041	—	—	—	1041
Birke	973	—	—	654	876
Buche (Roth-)	1153	709	657	858	971 (Weissbuche = 1400).
Eiche (Trauben-)	1169	453	629	835—1292	800
» (Stiel-)	1020	618	—	—	800
Erle	645	—	—	671	771
Esche	715—858	—	855	993	922
Espe	866	—	—	—	683
Fichte	—	425	689	671—990	744
Kiefer, gemeine	512—562	327	443—468	—	623
» (Weymouthsföhre)	644	—	—	832	618
Lärche	836—883	469	351—622	408—800	663
Linde	747—802	—	—	—	775
Pappel, gemeine	607—637	—	—	—	622
» Silber-	716	—	—	414	716
Tanne	838	430	483	588—736	566
Ulme	1073—1163	437	427	683	826

Mahagoni 1200 (nach Morin);
Pockholz 940 (nach Barlow);
Kanadische Eiche 745 (nach Barlow);
Teakholz 1039 (nach Barlow), 1100 (nach Morin).

D. Schub-, Scheer-, Gleitungsfestigkeit.

	a) Kraft wirkt parallel zu den Fasern	b) Kraft wirkt senkrecht

E. Verdrehungs-, Windungs-, Torsionsfestigkeit.

	Parallel	Radial	Tangentia
Eiche	280	2800	3000
Fichte	—	1800	1800
Kiefer	—	2000	2000
Tanne	240	—	—

F. Schnittfestigkeit.

Widerstand gegen Zerschneiden, Zersägen, Hobeln — gleichbedeutend mit Härte (siehe § 106).

In nachfolgender Tabelle ist die zulässige Druckbeanspruchung in Kilogrammen für das Quadratcentimeter Querschnittsfläche für folgende Fälle angegeben:

a) die Länge des Stabes beträgt nicht mehr als das zwölffache der kleinsten Querschnittsfläche, oder es ist der Stab gegen Durchbiegung durch seitliche Stützen gesichert;

b) die Länge des ganz freistehenden Stabes verhält sich zur kleinsten Querschnittsfläche unter 24 : 1;

c) die Länge des ganz freistehenden Stabes ist geringer als das 48fache der kleinsten Querschnittsfläche.

G. Zulässige Belastung pro 1 cm² Querschnittsfläche.

Holzart	*a*) $l:q < 12:1$	*b*) $l:q \gtrless \begin{matrix} 12:1 \\ 24:1 \end{matrix}$	*c*) $l:q \gtrless \begin{matrix} 24:1 \\ 48:1 \end{matrix}$
Starke Eiche	30	15	5
Schwache Eiche	19	5·6	—
Fichte	37·5	18·7	7·5
Weisstanne	9·7	4·9	—

Im Allgemeinen rechnet man als zulässige Inanspruchnahme der Hölzer den zehnten Theil der den Bruch herbeiführenden Kraft.

In der »Denkschrift über die Einrichtung von Prüfungs- und Versuchsanstalten von Baumaterialien, sowie über die Einführung einer staatlich anerkannten Classification der letzteren« heisst es: »Als Bauholz wird im weitaus überwiegenden Maasse Fichten- und Kiefernholz verwendet. Deshalb soll vorläufig nur dieses, mit dem gemeinsamen Namen »weiches Holz« bezeichnet, in die Classification aufgenommen werden. Die Art der Inanspruchnahme des Holzes ist in den meisten Fällen die Biegung, die auch beim Angriff auf Zerknicken bei Pfosten, Säulen u. s. w. mit ins Spiel kommt. Deshalb liegt es nahe, die Classification des Bauholzes auf seine Biegungsfestigkeit zu gründen. Zu dem Zweck werden Probestücke mit quadratischem oder nahezu quadratischem Querschnitt von etwa 12 *cm* Seite und von 1·5 *m* Länge hergestellt und abgebrochen, indem sie, mit beiden Enden frei aufliegend, durch eine in der Mitte concentrirte Kraft mehr und mehr durchgebogen werden. Nach den gewöhnlichen Biegungsformeln ist hieraus die beim Bruch in den äussersten Fasern stattfindende Biegungsspannung oder die Biegungsfestigkeit zu berechnen«.«

Qualität I: Minimalbiegungsfähigkeit 450 *kg* für das Quadratcentimeter
» II: » 300 » » » »

§ 111. Dauerhaftigkeit.

Die Dauerhaftigkeit des Holzes hängt ab:

1. vom Gefüge und dem Saftgehalt. Grosse Dauerhaftigkeit besitzt im Allgemeinen dichtes, festes Kernholz mit engen Jahresringen, ferner Holz mit kräftig entwickeltem Herbstholz der Jahresringe, engporiges Tannen- und Fichtenholz mit genügendem Harzgehalt und Holz, das reich ist an fetten und flüchtigen Oelen (z. B. Terpentin). Kernholz ist am haltbarsten bei mittelstarken Bäumen; bei überständigen (alten) geht der Kern oft schon auf dem Stand in Fäulniss über und besonders, wenn der Stamm durch Frosteinwirkung gelitten, also Frostrisse erhalten hat, oder durch abgebrochene Aeste beschädigt ist oder eingewachsene Aeste besitzt; aber auch sonst zeigt überständiges Holz meistens schon Spuren beginnender Verwesung. Dichtes, schweres Holz widersteht den Einflüssen der atmosphärischen Luft besser als stark poröses und schwammiges, Holz älterer Bäume besser als solches von jungen Stämmen; Holz mit Mondringen, beziehungsweise doppeltem oder falschem Splint besitzt keine Haltbarkeit. Von grossem Einfluss auf die Dauerhaftigkeit ist der Saftgehalt des Holzes, denn saftreiche Hölzer (z. B. Erle, Weide, Birke, Buche, Eichenholzsplint u. s. w.) sind besonders leicht dem Wurmfrass, der Fäulniss und dem Schwamm ausgesetzt; sie werfen sich, schwinden und reissen stark und lassen durch die Risse leicht Nässe in ihr Inneres eindringen; saftarmes (ausgetrocknetes) Holz dagegen hat im Allgemeinen eine grosse Dauerhaftigkeit, und wird man deshalb zweckmässig nur solches zu Bauten verwenden. Am saftreichsten ist das Splintholz (namentlich von Eichen, Nussbäumen u. s. w.), auch ist dasselbe stark hygroskopisch; es wird leicht vom Wurmfrass zerstört oder geht durch Vermoderung zugrunde; daher ist splintarmes Holz dauerhafter als splintreiches.

Wenn man Holz bei warmer Witterung fällt und es mit der Rinde am Boden liegen lässt, so gehen die gährungs- und fäulnissfähigen, eiweiss- und stickstoffhaltigen Saftbestandtheile sehr bald in Zersetzung über, wodurch die jüngeren, saftreichen Holzbestandtheile erstickt werden (anlaufen). Man erkennt diese Zersetzung an der dunkleren Farbe (Anlauffarbe), die das Splintholz einnimmt; so z. B. läuft der Splint der Nadelhölzer grünlichblau, der Splint der Esche bräunlich und der Splint der Eiche braun an. Ersticktes Holz ist für Bauzwecke noch brauchbar, d. h. besitzt noch eine genügende Dauerhaftigkeit, wenn es schnell ausgetrocknet und im Trockenen verwendet wird, wenn es keine helleren oder dunkleren Flecke zeigt, und wenn es nicht nach Schimmel riecht, sich also nicht im Zustand beginnender Fäulniss befindet.

Um eine gute, aber langsame Austrocknung zu erzielen, wird der gefällte Stamm nur in schraubenförmigen Streifen entrindet, auch lässt man den im Laub geschlagenen Stamm liegen, bis das Laub verwelkt ist, und im Frühjahr gefälltes Holz so lange, bis es ausgeschlagen ist und dadurch an schädlichen Saftbestandtheilen verloren hat. Eichenholz kann unentrindet längere Zeit im Walde liegen bleiben, ohne dass ein Ersticken desselben eintritt, dagegen sind Ahorn, Rothbuche und Birke, die leicht stockig werden, bald zu entrinden. Empfohlen wird auch, die noch lebenden Bäume theilweise zu schälen, damit sie schon vor dem Fällen langsam austrocknen und ihr Splintholz vom Regen ausgewaschen (ausgelaugt) werden kann.

2. vom Standort des Baumes. Holz, das im freien Stande gewachsen ist und demnach allseitig der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt war, besitzt reicher entwickeltes Herbstholz und ist demnach dauerhafter als das im geschlossenen Revier aufgewachsene. Ein zu fruchtbarer (fetter) Boden veranlasst ein üppiges Wachsthum des Baumes, bei Laubhölzern leicht Saftfäule, bei Nadelhölzern leicht Kern- und Rothfäule und beeinträchtigt daher die Haltbarkeit. Ein trockener Standort liefert im Allgemeinen ein besseres, haltbareres Holz als ein nasser. Nadelhölzer, die auf rauhen Höhen oder im Norden langsam aufgewachsen sind, besitzen eine grössere Dauerhaftigkeit als solche aus Tieflagen, denn ein kälteres Klima erzeugt engere Jahresringe in ihnen. Auch sonst beeinflusst das Klima die Haltbarkeit, denn durch Frost gereiftes Holz ist fast immer wenig dauerhaft, und Bäume, die auf fremdem Boden aufgewachsen sind, liefern weniger haltbares Holz als die auf heimatlichem Boden gediehenen gleicher Art.

3. vom specifischen Gewichte (der Massigkeit). Von zwei Hölzern derselben Art ist gewöhnlich das specifisch schwerere das dauerhaftere, dagegen hängt die Dauerhaftigkeit verschiedener Holzarten nicht vom specifischen Gewichte ab, denn es besitzen z. B. die schwereren Buchen, Ahorn- und Birkenhölzer eine geringere Haltbarkeit als die leichten Nadelhölzer; erstere gehen namentlich im Freien und unter Wasser leicht zugrunde.

(Nicht abhängig ist die Dauerhaftigkeit, wie hier noch erwähnt sein mag, von der Härte.)

4. von der Fällzeit. Ueber den Einfluss der Fällzeit auf die Dauerhaftigkeit des Holzes ist viel hin und her gestritten worden; einige Fachleute sind der Ansicht, dass das im Winter gefällte Holz eine grössere Haltbarkeit besitzt als das im Sommer geschlagene, während andere einen wesentlichen Unterschied zwischen dem Sommerholz und dem Winterholz in Bezug auf Dauerhaftigkeit nicht anerkennen wollen, und wieder andere behaupten, es sei bei Laubhölzern die Fällzeit belanglos, bei Nadelhölzern dagegen von Bedeutung, indem das im Winter gefällte Nadelholz wegen seines eingedickten Saftes gegen Fäulniss und Wurmfrass mehr geschützt sei. Jedenfalls wird von keiner Seite bestritten werden können, dass Holz, welches längere Zeit in der Rinde im Walde liegen bleiben muss, und solches, welches leicht erstickt (wie z. B. das Holz der Rosskastanie, der Esche und des Ahorns), im Winter gefällt werden muss, weil es im Sommer leichter erstickt als im Winter. Gegen das Winterholz spricht der Umstand, dass es von Insecten leichter angegangen wird als Sommerholz, weil ersteres mit Stärkemehl u. s. w. angefüllt ist. (Vergl. auch § 141.)

5. vom Ort der Verwendung. Im nassen oder gleichmässig feuchten Sand-, Lehm- und Thonboden hält sich Holz sehr lange, im trockenen Sandboden kürzere Zeit, im Kalkboden, dessen Feuchtigkeitsgrad häufig wechselt, und dessen Kalkbestandtheil zerstörend auf die Holzfaser einwirkt, sowie im abwechselnd feuchten und trockenen Sandboden sehr schlecht. Nach Pfeil beträgt die Dauerhaftigkeit des Holzes im letzteren Falle nur etwa ein Viertel von der des Holzes im Thonboden. Ueber die Haltbarkeit von Eisenbahnschwellen, die theilweise im Boden liegen und nicht durch Imprägnirungen u. s. w. dauerhafter gemacht sind, findet man im »Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens« folgende Angaben; es halten Schwellen aus:

Eichenholz	14—16	Jahre lang
Lärchenholz	9—10	» »
Kiefernholz	7— 8	» »
Tannen- und Fichtenholz	5— 6	» »
Buchenholz	2·5— 3	» »

Unter Wasser oder in immerwährender Feuchtigkeit ist die Dauerhaftigkeit im Allgemeinen und besonders beim Weissbuchen-, Eichen-, Ulmen-, Erlen-, Kiefern- und Lärchenholz eine hohe. Man erklärt sich dies aus der gleichmässig kühlen Temperatur des Wassers, aus der stattfindenden Auslaugung der fäulniss- und zersetzungsfähigen Holzbestandtheile und aus der durch den Druck des Wassers allmälig herbeigeführten Verdichtung des Holzes, wobei vorhandene, ausgeschlämmte oder aufgelöste Mineralstoffe in die Poren des Holzes eindringen und letzteres nach und nach verkieseln. Es gibt aber einige Holzarten, die sich im Wasser vollständig auflösen; zu diesen gehören Ahorn, Birke, Esche, Linde und Weide. Im Meereswasser stehende Hölzer werden äusserst leicht vom Wurmfrass heimgesucht und die im sumpfigen Wasser stehenden von Fäulniss. Nach Pfeil erlangen Eiche, Erle und Kiefer unter Wasser in Folge starker Zusammenziehung ihrer Fasern eine grosse Härte, auch nimmt Eichenholz allmälig eine schwarze Farbe an, so dass es dem Ebenholz ähnelt; Nördlinger fand dagegen ein aus dem Wasser gezogenes Eichenholzstück so weich, dass man es wie Speck zerschneiden konnte, nach dem Austrocknen wurde dasselbe aber sehr hart und spröde.

In immerwährender Trockenheit ist die Haltbarkeit der Hölzer eine fast unbegrenzte und im Innern von Gebäuden sowie an solchen Orten, wo die Hölzer gegen Feuchtigkeit (Regen und Schnee) genügend geschützt sind, im Allgemeinen eine grosse, jedoch büssen die meisten Hölzer an Festigkeit ein, ohne dass eine beginnende Zersetzung bemerkbar wird, und werden allmälig spröder, auch wird selbst das Kernholz vom Wurmfrass zerstört; freilich tritt dies meistens erst nach Hunderten von Jahren ein.

Ist Holz der directen Sonnenbestrahlung ausgesetzt, so erhält es zahlreiche Risse; da in diese leicht Nässe eindringen und dann Schwamm erzeugen kann, so empfiehlt es sich, hiergegen geeignete Schutzmassregeln zu treffen, von denen später noch die Rede sein wird.

In feuchten Kellern, Ställen, auch Küchen u. s. w., in welchen das Holz nicht auszutrocknen vermag, und zu denen frische Luft nicht treten kann, oder an solchen Orten, wo das Holz nicht gegen die Einwirkungen von feuchter Luft und Nässe genügend geschützt und demnach abwechselnder Nässe und Trockenheit oder (bei Wasserbauten) der Ebbe und Fluth ausgesetzt ist, geht es gewöhnlich schon nach kurzer Zeit zugrunde. Hartig, Nördlinger, Pfeil u. A. haben über die Dauerhaftigkeit der Bauhölzer sehr sorgfältige Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse in nachfolgender Tabelle zusammengestellt sind:

Holzart	Im Freien geschützt (nach Nördlinger und Pfeil)	Im Freien ungeschützt (nach Nördlingen und Pfeil)	Unter Wasser	Im Boden (nach Hartig)
Ahorn . . .	ziemlich gross	sehr gering	unhaltbar	nach 5 Jahren (A. platanoïdes), bezw. 8 Jahren (A. pseudopl.) an der Erde abgefault
Birke . . .	20—38	15—40	unhaltbar	nach 5 Jahren (gemeine Birke), bezw. 8 Jahren (alba var.) an der Erde abgefault
Buche . . .	15—95	10—60	70—100	nach 5 Jahren an der Erde abgefault
Eiche	100	100	100	nach 10 Jahren im Splint abgefault
Erle	25—38	20—40	100	nach 5 Jahren an der Erde abgefault
Esche . . .	30—95	15—64	unhaltbar	nach 8 Jahren an der Erde abgefault
Fichte . . .	50—75	40—67	50	nach 10 Jahren im Splint abgefault
Kiefer (Föhre)	90—95*)	40-85	80	nach 10 Jahren im Splint abgefault
Lärche . . .	90—95	40—85	80	nach 10 Jahren unverändert
Linde . . .	ziemlich gross	sehr gering	unhaltbar	nach 5 Jahren an der Erde abgefault
Pappel . . .	25—35	20—40	unhaltbar	nach 5 Jahren an der Erde abgefault
Tanne . . .	ziemlich gross	ziemlich gross	ziemlich gross	nach 10 Jahren im Splint abgefault
Ulme	80—100	60—90	90	nach 8 Jahren an der Erde abgefault
Weide . . .	35—40	30	unhaltbar	

*) Junge Kiefer 15—60.

In der folgenden, von Mothes veröffentlichten Tabelle ist die grösste Dauer nach einzelnen Beispielen angegeben:

Grösste Dauer.

Holzart	In immerwährender Nässe	In wechselnder Nässe und Trockenheit		In immerwährender Trockenheit
		an der Luft	abgeschlossen von der Luft	
Ahorn	20	10	5	1000
Birke	10	5	3	500
Buche (Weiss-)	750	80	130	1000
» (Roth-)	10	20	5	800
Eiche	700	120	200	1800
Erle	800	5	2	400
Esche	10	20	3	500
Fichte	60	45	20	900
Kiefer (harzige)	500	80	120	1000
Lärche	600	90	150	1800
Pappel	10	3	1	500
Tanne	70	50	25	900
Ulme	1000	100	180	1500
Weide	20	5	4	600

Nach diesen Tabellen gehören im Allgemeinen zu den dauerhaftesten Hölzern: Eiche, Ulme, Lärche und Kiefer, zu den weniger haltbaren: Buche, Erle und Esche und zu den unhaltbaren: Birke, Pappel und Weide.

6. von der Temperatur, denn Fäulniss entsteht und verbreitet sich nur bei einer mittleren Temperatur und wird sowohl durch Frost als auch durch eine dem Siedepunkt des Wassers nahekommende Temperatur, bei welcher eine starke Wasserverdunstung stattfindet, zerstört.

Die Dauerhaftigkeit lässt sich durch geeignete, in den §§ 151—154 näher besprochene Mittel wesentlich erhöhen.

§ 112. Schwinden, Werfen, Reissen.

Nach dem Fällen beginnt die Austrocknung des Stammes, wenn derselbe der Luft ausgesetzt und gegen zuströmende Nässe (Regen und Schnee) geschützt ist. Die Austrocknung erfolgt, wie bereits im § 102 bemerkt wurde, bei dichten, schweren und harten Hölzern (mit Ausnahme des schweren Pockholzes) langsamer als bei weitporigen, leichten und weichen, bei ganzen Stämmen langsamer als bei getheilten, bei unentrindeten langsamer als bei theilweise oder ganz entrindeten, bei entrindeten an der Wölbfläche langsamer als an der Hirnseite, und an der Spiegelfläche langsamer als an der Wölbfläche, beim Kernholz eines Stammes langsamer als beim Splintholz, beim Herbstholz eines Jahresringes langsamer als beim Herbstholz u. s. w. und erzeugt eine Volumenverminderung des Holzes (Schwinden) in Folge Zusammenziehung der Fasern. Dieses Schwinden beginnt an der zuerst austrocknenden Stelle, also an der Oberfläche. Die Grösse des Schwindmasses hängt ab:

1. vom Saftgehalt. Je saftreicher das Holz ist, umso mehr schwindet es; daher schwindet junges Holz mehr wie altes, Splintholz mehr wie Kernholz, Winterholz mehr wie Sommerholz;

2. von der Geschwindigkeit, mit welcher die Austrocknung vor sich geht. Langsam ausgetrocknetes Holz schwindet weniger wie schnell ausgetrocknetes;

3. von der Richtung, nach welcher das Holz geschnitten ist. Am stärksten schwindet das Holz in Richtung der Jahresringe (in der Dicke der Markstrahlen), wenig in Richtung des Stammhalbmessers (in der Länge der Spiegel) und am geringsten in Richtung der Fasern (in der Breite der Spiegel). In letzterem Falle ist das Schwinden so minimal, dass man es bei Holzverbindungen ganz unberücksichtigt lassen kann; das sehr bedeutende Schwinden in Richtung der Jahresringe dagegen muss bei der Verarbeitung der Hölzer sehr wohl beachtet werden. Am stärksten schwinden die Markstrahlen, und es entstehen an ihren Stellen Vertiefungen (Rinnen), sowie in unmittelbarer Nähe der Spiegel Schwindungsrisse;

4. von localen Verhältnissen. Knoten, verwachsene Aeste, wimmeriger Wuchs u. s. w. treten dem Schwinden sehr kräftig entgegen; Korkbildungen vermindern und Bastgewebe vermehren dasselbe; Ueberwallungsstellen schwinden sehr stark u. s. w.

Ueber die Grösse des Schwindmasses geben die auf Seite 312 abgedruckten Tabellen Aufschluss.

Eine Folge des ungleichmässigen Schwindens ist das Werfen oder Sichverziehen des Holzes. Bei dem Holz eines allseitig freistehenden Stammes liegt der Kern nicht in der Mitte des Querschnittes, sondern mehr nach der Nordseite hin, und es besitzen die Jahresringe auf der Südseite in Folge lebhafterer Circulation der Säfte nach der von der Sonne am stärksten erwärmten Seite eine grössere Breite (Fig. 248). Beim Austrocknen schwinden die auf der Südseite liegenden, lockeren Holzschichten auch in der Längenrichtung mehr als die dichteren, festeren Holzschichten der Nordseite; hier-

durch wird der vor dem Fällen gerade gewesene Stamm auf der Nordseite nach aussen gekrümmt und demnach ein Werfen des ganzen Stammes herbeigeführt.

A. Grösse des Schwindmasses nach Dr. Monke.

Holzart	Radial ausgetrocknet in Procent	Radial dürr in Procent	Achsial ausgetrocknet in Procent	Achsial dürr in Procent
Ahorn	1·7	4·5	minimal	minimal
Buche	4·3	7·5	»	»
Eiche	3·1	6·8	»	0·2
Esche	4·3	8·6	0·4	minimal
Espe	3·8	6·1	minimal	0·3
Fichte	3·1	5·7	»	0·3
Kiefer	3·4	6·9	»	0·2
Lärche	3·4	5·2	0·2	0·4
Linde	5·7	8·8	minimal	0·1
Ulme	3·4	5·9	0·3	0·1
Im Mittel	3·6	6·6	0·09	0·16

B. Nach Nördlinger.

Holzart	In Richtung der Fasern in Procent	In Richtung des Spiegels in Procent	In Richtung der Jahresringe in Procent
Ahorn	0·11	2·06	4·13
» (Feld-)	0·06	2·03	2·97
Birke	0·50	3·05	3·19
Buche (Weiss-)	0·21	6·82	8·00
» (Roth-)	0·20	5·25	7·03
Eiche	0·03	2·65	4·13
Erle	0·30	3·16	4·15
Esche	0·26	5·35	6·90
Espe	0·06	3·97	3·33
Fichte	0·09	2·08	2·62
Föhre (Kiefer)	0·01	2·49	2·87
Linde	0·10	5·73	7·17
Salweide	0·05	2·07	1·90
Ulme	0·05	3·85	4·10
Im Mittel	0·14	3·61	4·46

Theilt man einen Baumstamm durch parallele Sägeschnitte in Bretter, jedoch so, dass ein Sägeschnitt nicht durch den Mittelpunkt des Stammquerschnittes geht (Fig. 249), so schwindet beim Austrocknen das Mittelbrett *A* am meisten in der Dicke, am wenigsten in der Breite und zieht sich an den Enden zusammen, ohne sich zu werfen, weil in ihm die Spannungen allseitig gleich gross sind und sich daher gegenseitig aufheben; alle übrigen Bretter dagegen, bei denen sich an den Breitseiten eine Verschiedenheit in der Lage der Jahresringe zeigt, ziehen sich auf beiden Seiten verschieden zusammen, und zwar krümmt sich die dem Kern zunächst

liegende Seite convex, die andere concav. Das Aussenbrett *B* verkleinert sich am meisten in der Breite und am geringsten in der Dicke, und seine dem Kern zugekehrte Seite wird concav. Geht der Sägeschnitt genau durch den Mittelpunkt des Baumes, so werfen sich sämmtliche Bretter und bilden eine flache Rinne von umso grösserer Tiefe, je mehr junges Holz in ihnen vorhanden ist (Fig. 250).

Tritt wegen der ungleichen Bauart des Holzes längs der Oberfläche ein ungleiches Schwinden und demgemäss ein ungleichmässiges Krümmen, ein Werfen nach der Länge ein, so nennt man den Holzkörper windschief. Die mittelst gerader Schnitte aus Stämmen gewonnenen Bretter und Bohlen werden windschief, weil der Baum keine ebenen, sondern nach einer sehr flachen Schraubenlinie gekrümmte Spaltflächen besitzt. Runde (abgedrehte) Holzsachen werden beim Schwinden oval, weil die Zusammenziehung nach den verschiedenen Seiten des Querschnittes in verschiedenem Grade erfolgt; Holzscheiben mit sehr stark vorherrschendem Splintholz und stark schwindendem Kern ziehen sich kegelförmig; Hirnflächen zeigen nach dem Schwinden eine gewölbte Oberfläche.

Werden Bretter oder Bohlen auf einer Breitseite angenässt oder den Einwirkungen feuchter Luft ausgesetzt, auf der entgegengesetzten Seite dagegen von trockener, warmer Luft bestrichen oder über einem Kohlenfeuer erwärmt, so ziehen sie sich rund, werden auf der feuchten Seite convex und auf der trockenen concav; man benutzt dies, um Bretter zu krümmen. Bretter oder Bohlen, welche abwechselnd der Nässe und dem Luftzug ausgesetzt werden, erhalten eine convexe Kernseite, weil der dichtere Kern weniger schwindet als die dem Splint näher stehenden Theile der Jahresringe (Fig. 251). Ganzen Brettern mit dem Kern in der Mitte sind nach Mothes (a. a. O., I., S. 293) zwei im Kern gespaltene, mit dem Kern nach entgegengesetzter Richtung aneinandergefügte und auf der Fuge geleimte Bretter vorzuziehen (Fig. 252).

Erfolgt die Austrocknung an einer Stelle des Holzes stärker als an einer anderen und können die anderen Theile dem schnellen Schwinden nicht folgen, so findet eine Trennung des Zusammenhanges der Fasern, ein Reissen, statt. Diese Risse bilden sich, weil die Dichtigkeit im Holze vom Kern nach der Rinde ab- und der Umfang der Jahresringe nach aussen zunimmt und diese Zunahme mit der Dichtigkeit im umgekehrten Verhältnisse steht. Bei starkem Schwinden des Splintholzes vermag letzteres den darunter liegenden Jahresring nicht mehr allseitig zu überdecken und es reisst daher das Splintholz zuerst an der am stärksten ausgetrockneten Stelle. An derselben Stelle erfolgt bei weiterem Fortschreiten der Austrocknung ein Reissen des nächsten Jahresringes, und so setzt sich dies fort, bis der Riss zuletzt vom Splint bis zum Kern geht und also ein Kernriss oder eine Trockenspalte entsteht.

Diese Risse ziehen sich, wenn das Holz wieder nass wird (z. B. bei Wasserbauten) und in Folge dessen aufquillt, wieder zusammen, schaden aber der Brauchbarkeit des Holzes immer, weil sie dessen Widerstandsfähigkeit vermindern.

Lässt man gefällte Baumstämme von grösserer Dicke mit ihrer Rinde an einem schattigen Orte im Walde liegen, so ziehen sie sich wegen der sehr langsam erfolgenden Austrocknung nahezu gleichförmig zusammen,

schwinden sehr wenig und bleiben auch rissefrei, sofern die Rinde nicht während des Austrocknens platzt; tritt letzteres aber ein, so entstehen starke Kernrisse. Bei sofort nach dem Fällen entrindeten Stämmen trocknen die äusseren Schichten zu schnell aus, und es können die inneren Schichten dieser starken Austrocknung nicht folgen; die Stämme reissen daher sehr schnell und sehr stark auf. Bei regelmässig gewachsenen und ein festes Holz besitzenden entrindeten Stämmen wird dem Reissen manchmal mit Erfolg vorgebeugt, wenn man sie an einem schattigen Orte auflagert, wo der Luftzug ein gleichmässiges Austrocknen befördert; sicherer ist jedoch ein sofortiges Auslaugen. (Vergl. § 151.)

Wird ein berindeter Stamm der Länge nach in zwei Theile zerschnitten, so bleiben die entstehenden Halbhölzer meistens rissefrei, oder es entstehen nur einige schwache Kernrisse (Fig. 253) und bei sehr starkem Schwinden des Kernes sowie geringem Widerstand der Rinde kurze Strahlenrisse; mitunter aber bildet sich auch eine Strahlenkluft, durch welche das Halbholz nochmals getheilt werden kann. Beim sogenannten falschen Halbholz, das stärker als die Hälfte des Stammes ist, entstehen an der Kernseite wenige kurze, aber starke Risse, während die entgegengesetzte Seite entweder ganz ohne Risse bleibt oder nur unbedeutend reisst. Halbholz wird nicht leicht windschief, dagegen wölbt sich seine Schnittfläche.

Wird ein grüner Holzstamm behufs Verwendung als Wasserleitungs- oder Brunnenröhre ausgebohrt, so bleibt der Ring entweder vollständig rissefrei, oder es bilden sich nur am Umfange ganz kleine Risse, denn der Ring wird in seinem Bestreben, sich zusammenzuziehen, nicht durch das weniger schwindende Kernholz behindert, weil letzteres entfernt ist. (Fig. 254.)

Bei dem auf der Splintseite berindeten Viertelholz entstehen beim Austrocknen noch weniger Risse als beim Halbholz, weil sich dasselbe noch mehr als das Halbholz nach seinem Bedürfniss zusammenziehen kann; meistens bilden sich nur im Splint einige sehr unbedeutende Risse, dagegen krümmt sich das Viertelholz in der Längenrichtung sehr leicht auseinander, weil das jüngere Holz, oft noch durch die Rinde verstärkt, kräftiger arbeitet als das ältere Holz (Fig. 255.)

Kantholz zeigt im Allgemeinen ein geringeres Reissen als entrindetes Rundholz, weil bei ihm ein grosser Theil des sich am stärksten zusammenziehenden und daher am meisten zum Reissen neigenden jüngeren Holzes fehlt (Fig. 256), und zwar ist ein quadratischer Balken, welcher ein regelmässigeres Holz besitzt, mehr gegen Risse gesichert als ein rechteckiger, bei welchem auf den Schmalseiten sich mehr junges Holz befindet als auf den anderen und sich zumeist nur auf den Schmalseiten Risse bilden, weil hier der Cohäsionswiderstand ein geringerer ist.

Liegt der Baumkern ausserhalb des Querschnittsmittelpunktes, so entstehen in der Regel auf den dem Kern zunächst liegenden Seiten einige starke, sich gegen den Mittelpunkt auskeilende Risse, während sich auf den anderen Seiten nur schwächere Risse bilden (Fig. 257). Liegt der Mittelpunkt des Baumes gerade auf einer Ecke des Querschnittes, so bleiben die beiden diese Ecken bildenden Seiten meistens rissefrei, während die beiden anderen Risse erhalten (Fig. 258). Liegt der Baumkern ausserhalb des Balkenquerschnittes aber nahe einer Seite desselben, so entstehen entweder an der dem Baummittelpunkt zunächst liegenden

Seite oder auf der Splintseite Risse, je nachdem ob das jüngere oder ältere Holz vorherrscht und je nach der Grösse der Cohäsion zwischen Fasern im älteren oder jüngeren Holze (Fig. 259 und 260).

Auf der Hirnfläche, auf welcher eine besonders starke Verdunstung des Wassers stattfindet, bilden sich zuerst strahlenförmige, häufig aber auch sehr zahlreiche stark klaffende Risse, die sich später wieder etwas zusammenziehen oder aber auch in Folge des Längenschwindens im jüngeren Holze offen bleiben.

Figur 261 zeigt ein Mittelbrett, welches sich nach dem »Saum« geworfen und dadurch eine Kernspaltung erhalten hat.

(Siehe Gottgetreu, a. a. O., S. 487—490, Lange, a. a. O., S. 138—142, Mothes, a. a. O., I., S. 292 und 293.)

Mittel gegen das Schwinden sind im § 151 zu finden.

§ 113. Quellen.

Am Schluss des § 102 wurde schon darauf hingewiesen, dass trockenes Holz Feuchtigkeit aus der Luft u. s. w. ansaugt und dabei sein Volumen bis zu einem gewissen Grade vergrössert, d. h. quillt. Die meist grosse Porosität des Holzes und die bei der Verdunstungstemperatur sich nicht verflüchtigenden, sondern den Rückstand des Holzsaftes bildenden, stark hygroskopischen Alkalien (unter ihnen besonders das kohlensaure Kali) sind die Ursache dieser Eigenschaft des Holzes. Die Wasseraufnahme wird demnach bei stark porösen und alkalireichen Hölzern oder Holztheilen (z. B. Zweigen) eine grössere sein als bei dichten und an Alkalien armen; sie wächst aber auch mit dem Trockenheitsgrade des Holzes und ist demgemäss beim gedörrten Holze am grössten. Der Wassergehalt des Holzes wechselt mit dem der Atmosphärenluft, daher wird im Freien ungeschützt verwendetes Bauholz bald trocken, bald feucht sein und beständig »arbeiten« (abwechselnd schwinden und quellen). Im Allgemeinen ist Zweigholz hygroskopischer als Splintholz und letzteres hygroskopischer als Kernholz, und es entspricht die Feuchtigkeitsaufnahme ziemlich genau der Wasserabgabe beim Austrocknen, jedoch ist sie bei einigen Holzarten verschieden gross, je nachdem dieselben sich in einem luftigen oder in einem dumpfen Raum befinden; Eichenholz z. B. saugt in luftigen Räumen mehr Wasser auf als in dumpfen, während beim Kiefernholze das Umgekehrte der Fall ist.

Wie beim Schwinden, so ist auch beim Quellen das Mass nach verschiedenen Richtungen des Holzes hin verschieden gross, und zwar in Richtung der Sehne am grössten, in Richtung des Halbmessers geringer und in Richtung der Längenachse am kleinsten, wie aus der auf Seite 316 abgedruckten Tabelle (nach Laves) hervorgeht.

Auf das Quellen ist bei Bauconstructionen (Fussböden, Thüren u. s. w.) Rücksicht zu nehmen und dafür zu sorgen, dass das Holz in allen seinen Theilen ungehindert arbeiten kann. Im Allgemeinen quillt altes Holz weniger als junges, ausgelaugtes weniger als lufttrockenes. Durch das Quellen erhält das Holz nahezu dieselben Eigenschaften wieder, welche es im frisch gefällten Zustande besessen hat. Das Arbeiten des Holzes (Schwinden, Werfen, Reissen, Quellen) wird auf das geringste Mass beschränkt, wenn man das Holz nur so weit austrocknet, dass sein Feuchtigkeitsgehalt dem der Luft

entspricht, deren Einwirkung der fertige Gegenstand später ausgesetzt werden soll.

Grösste Ausdehnung der Länge = 1.

Holzart	Ausdehnung in Richtung der Längenachse	Ausdehnung in Richtung des Halbmessers	Ausdehnung in Richtung der Sehne
Ahorn	1·00072	1·0335	1·0659
Buche (Roth-)	1·00200	1·0503	1·0806
Eiche (alter Stamm)	1·00310	1·0266	1·0558
Esche (desgleichen)	1·00187	1·0384	1·0702
Fichte	1·00076	1·0241	1·0618
Kiefer	1·00120	1·0304	1·0572
Lärche	1·00075	1·0217	1·0632
Linde	1·00208	1·0779	1·1150
Pappel	1·00125	1·0259	1·0640
Ulme	1·00124	1·0294	1·0622
Im Mittel	1·0015	1·0358	1·0696

Von der Eigenschaft des Holzes, bei Wasseraufnahme zu quellen, macht man Gebrauch, um krumm gewordene Bretter und Bohlen wieder gerade zu richten, indem man sie auf der concaven Seite annässt, um Steine mittelst Holzkeile zu sprengen (siehe § 63), indem man die Keile stark trocknet und nach dem Einsetzen ins Gestein mit Wasser tränkt, um Fassdauben zu krümmen, indem man dieselben auf der einen Seite annässt und auf der entgegengesetzten, nach welcher sie sich krümmen sollen, über einem Feuer erwärmt, um Risse und Sprünge zu schliessen, um eingeschlagene Zimmermannszeichen und sonstige mechanische Eindrücke verschwinden zu lassen u. s. w.

Empfehlenswerthe Mittel gegen das Quellen findet man im § 151.

§ 114. Farbe.

Die Farbe der Hölzer ist eine sehr mannigfache, denn es kommen bei ihnen fast alle Abstufungen von Grün, Gelb, Braun, Roth und Schwarz vor; sie wird durch Einlagerungen von Farbstoffen, Harz u. s. w. in Zellwände und Saftraum hervorgerufen; die chemisch reine Holzfaser ist farblos. Obwohl jede Holzart eine mehr oder weniger charakteristische Farbe besitzt, so dass die einzelnen Holzarten meist schon durch sie gut von einander unterschieden werden können, so bewirken doch mancherlei Umstände verschiedene Abweichungen. Zunächst wird die Farbe vom Wassergehalt beeinflusst, denn grünes Holz besitzt eine andere Farbe (Grünholzfarbe) als lufttrockenes, geflösstes Holz eine andere als ungeflösstes, sodann von der Einwirkung der Atmosphärenluft und des Sonnenlichtes, die bei manchen Hölzern bereits kurze Zeit nach dem Fällen eine Farbenveränderung hervorruft; so z. B. wird das fleischrothe Erlenholz, wenn es nur etwa 30 Minuten lang der Luft ausgesetzt ist, tief gelbroth und das bräunlichgelbe Eschenholz violett. In vielen Fällen findet ein Nachdunkeln des Holzes statt; die feuerrothe,

ins Gelbliche spielende Farbe des Mahagoniholzes wird im Laufe der Zeit unter dem Einfluss der Luft und des Lichtes schwarzbraun; Tannenholzfussboden wird grau, ebenso ein Tannenholz-Schindeldach; die an den Aussenseiten von Gebäuden verwendeten Nadelhölzer nehmen in regenreichen Gegenden eine tief rothbraune Farbe an, u. s. w. Ferner ist die Farbe abhängig vom Alter des Baumes, denn das Holz älterer Stämme ist gewöhnlich dunkler als das jüngerer. Auch der Standort und das Klima beeinflussen die Farbe: ein fetter Boden liefert meistens dunkles, ein magerer helles Holz; ein im geschlossenen Revier stehender Baum besitzt gewöhnlich ein dunkleres Holz als ein im freien Stand gewachsener derselben Art; im gemässigten und kalten Klima gediehene Hölzer haben in der Regel eine matte und ziemlich unbestimmte Farbe, die Hölzer der Tropen dagegen eine sehr schöne und lebhafte, u. s. w. Auch die Holzbestandtheile eines und desselben Baumes zeigen oftmals eine verschiedene Farbe, denn bei zahlreichen stärkeren Stämmen (Kernholzbäumen) ist der Kern dunkler als der Splint.

Die Farbe ist nicht nur ein gutes Unterscheidungsmerkmal der einzelnen Holzarten, sondern auch ein charakteristisches Erkennungszeichen für die Güte des Holzes. Im Allgemeinen deutet eine frische, lebhafte und gleichmässige Farbe auf eine gute Beschaffenheit des Holzes hin und es gilt eine kupfergrüne, dunkle Farbe in Form kleiner Flecken in der Nähe des Markes (z. B. beim Ahorn) oder am Kernumfange (z. B. bei der Ulme) als ein Zeichen vorhandener Zersetzung, eine rothe bis braune Farbe oft als ein Zeichen von Rothfäule, eine weissliche Farbe meistens als ein Zeichen von Weissfäule, eine fahle Farbe als ein Zeichen eines abgestorbenen, eine ins Bläuliche spielende als ein Zeichen eines erstickten Baumes u. s. w.

Beim Eichenholz gilt eine gelblichweisse, bräunlichgelbe oder röthlichbraune Farbe mit einem Stich ins Grüne als ein Zeichen der Güte, wenn zugleich der Kern schnell abtrocknet, eine unfreundliche braune Grünholzfarbe als Zeichen eines weniger guten Holzes, eine bläulichrothe Farbe als Zeichen eines schlechten Holzes und eine rothblaue Farbe als Zeichen eines für technische Zwecke völlig unbrauchbaren Holzes.

Eichen-, Weissbuchen-, Edelkastanien- u. s. w. Holz wird bei Berührung mit Eisen (einer Säge oder Axt) ganz schwarz.

In den §§ 117—140 sind bei den einzelnen Holzarten die charakteristischen Färbungen angegeben.

§ 115. Glanz, Durchsichtigkeit, Geruch.

Spaltet man Holz in der Richtung des Halbmessers, so erhält man bei vielen Holzarten mehr oder minder stark glänzende Flächen (sogenannte Spiegelflächen, weil sie das einfallende Licht spiegelartig reflectiren), deren Glanz durch Glatthobeln und Poliren oft noch erheblich vergrössert werden kann. Besonders schöne Spiegelflächen besitzen Ahorn und Esche; werden die Spaltflächen dieser Hölzer gehobelt und polirt, so erhalten sie einen seidenstoffartigen Glanz und erscheinen moireeartig gewässert. Schön glänzend sind auch die radialen Spaltflächen der Akazie, Edelkastanie, Espe, Eiche, Kiefer, Lärche, Pappel und Ulme; einen dem Seidenstoff ähnlichen Glanz zeigen auch die Spiegelflächen der Pappeln.

Bei manchen Holzarten besitzt nicht die ganze Spaltfläche Glanz, sondern es glänzen nur die auf der Spaltfläche erscheinenden Markstrahlen und besonders, wenn sie verhältnissmässig grosse Bänder bilden; so z. B. zeigt die Rothbuche auf dem Radialschnitt bei unter gewissem Winkel einfallendem Lichte stark glänzende Streifen von brauner Farbe. In anderen Fällen ist ein Durchschimmern der ganzen Holzmasse zu beobachten, wie z. B. beim Götterbaum (*Ailanthus glandulosa*), dessen Holz messingartig glänzt.

Ferner zeigen die meisten Hölzer in grünem (saftreichen) Zustande, oder wenn sie mit Wasser getränkt werden (Kiefernholz auch, wenn es sehr harzreich ist) ein ziemlich starkes Durchscheinen. Aber auch trockenes Holz besitzt diese Eigenschaft in einem höheren Grade, als man gewöhnlich annimmt, denn beispielsweise schimmert das Licht einer Kerze noch durch eine fingerdicke Scheibe aus Fichtenhirnholz roth durch, wenn man die Kerze in einem gewissen Abstande von der Holzscheibe aufstellt. (Siehe Gottgetreu, a. a. O., S. 439.)

Grünes, frisches Holz besitzt häufig auch einen mehr oder weniger starken, ganz eigenthümlichen Geruch, welcher nur von gewissen Inhaltsstoffen der Holzzellen, z. B. von den Harzen, Balsamen, Gerbstoffen u. s. w. herrührt, da die chemisch reine Holzfaser vollständig geruchlos ist, und welcher oftmals ganz beim Trocknen, beziehungsweise Dörren des Holzes verschwindet. So z. B. riecht das Nadelholz nach Harz und Terpentin, der Lebensbaum (*Thuja*) nach Kampher, die Weichselkirsche nach Waldmeister (*Kumarin*), das Eichenholz nach Gerbsäure, das Balsam-Pappelholz nach gegerbtem Leder u. s. w.

Man kann nach der Stärke und dem Charakter des Geruches mitunter die Holzbeschaffenheit beurtheilen, denn gutes Eichenholz besitzt (nach Häring) einen sehr starken Geruch und das Holz eines auf magerem Boden gewachsenen Stammes einen dumpfen und stockigen u. s. w.

§ 116. Wärmeeffect, Brennbarkeit, Verdampfungsfähigkeit, Wärmeleitungsvermögen.

Der Vollständigkeit halber lassen wir noch einige kurze Angaben über die in der Ueberschrift aufgeführten Eigenschaften der Hölzer folgen.

Unter Wärmeeinheit oder Calorie versteht man die Wärmemenge, welche 1 *kg* Wasser von 0° auf 1° *C.* erwärmt, und unter specifischer Wärme eines Körpers die Anzahl Wärmeeinheiten, welche die Temperatur von 1 *kg* dieses Körpers um 1° *C.* zu erhöhen vermag. Setzt man die specifische Wärme des Wassers = 1, so ist die der Laubhölzer im Mittel 0·565 und die der Nadelhölzer im Mittel 0·650 (z. B. beim Eichenholz = 0·570 und beim Tannenholz = 0·654.)

Der absolute Wärmeeffect oder die Brennkraft, d. h. die Anzahl von Calorien, welche von 1 *kg* Brennstoff bei seiner Verbrennung erzeugt werden, wurde von Petersen und Schädler für verschiedene Holzarten aus deren chemischer Zusammensetzung berechnet; sie erhielten hierbei folgende Werthe:

Ahorn	4263	Calorien	Erle	4155	Calorien
Birke	4142	»	Esche	4119	»
Eiche	4140	»	Fichte	4307	»

Linde 4307	Calorien	Ulme.........4355	Calorien
Pappel........4252	»	Weide........4200	»
Rothbuche 4045	»	Weissbuche....4106	»
Tanne........4258	»		

Zieht man aus diesen Werthen das arithmetische Mittel, so erhält ma 4200 Calorien; andere fanden im Mittel nur 3600 Calorien.

Der pyrometrische Wärmeeffect, d. h. die beim Verbrennen eine Brennstoffes bei einer Anfangstemperatur von 0° erzeugte Temperatur, is beim Holze von der Trockenheit und der Härte desselben abhängig, denn j trockener ein Brennstoff ist, umso weniger treten Wärmeverluste durch Damp bildung ein, und je compacter er ist, umso mehr kann man von ihm i demselben Raume verbrennen. Der Hitzegrad hängt aber auch von de Menge der zugeführten Luft und der Temperatur derselben ab, denn es wir durch Ueberschuss an Luft sehr viel Wärme fortgeführt und bei unvollstän diger Verbrennung (wenn nämlich nur etwa die Hälfte des Kohlenstoffe in Kohlensäure, die andere in Kohlenoxyd verwandelt wird) eine höher Temperatur erzeugt, auch durch dem Verbrennungsraum zugeführte erhitzt Luft. Erfolgt die Verbrennung des Holzes unter Zuführung einer gerad zur vollständigen Verbrennung ausreichenden Luftmenge (sogenannten theo retischen Luftmenge), welche nach Péclet beim vollkommen trockene Holze 6·07 m^3 und beim lufttrockenen 4·65 m^3 pro 1 *kg* Brennstoff beträg so ist der pyrometrische Wärmeeffect beim wasserfreien Holz 1660° *C.* un bei Holz mit 20% Wasser 1520° *C.*; wird aber dem Verbrennungsraum, un eine innigere Vermischung der Luft mit den Verbrennungsgasen zu erzielen eine Luftmenge gleich der doppelten theoretischen zugeführt, wie dies i der Praxis meistens geschieht, so entwickelt das gedörrte Holz nur 1200 und das lufttrockene nur 1150° *C.*

Die Brennbarkeit (Entzündbarkeit) ist abhängig von der Poro sität und dem Wasserstoffgehalt und beim weichen, besonders harzreiche Holz (z. B. Kiefernholz) grösser als beim harten und schweren; die Flamm barkeit (d. h. die Fähigkeit mit mehr oder weniger grosser Flamme z verbrennen) hängt ab von der Entwicklung brennbarer Gase und Dämpf und demnach von dem Gehalt an freiem (überschüssigen) Wasserstoff.

Die Verdampfungsfähigkeit ermittelte Brix für 1 m^3 Holz be mittlerem Wassergehalt zu 1340—1750 *kg* Wasser von 0° und zwar:

beim	Birkenholz...........................	zu 1560 *kg*
»	Eichenholz	» 1750 »
»	Erlenholz	» 1340 »
»	Kiefernholz..................	zu 1430—1660 »
»	Rothbuchenholz	zu 1690 »
»	Weissbuchenholz......................	» 1700 »

Im Durchschnitt kann man die in der Praxis zu erzielende Ver dampfungskraft zu 10·2 *kg* bei 1 *kg* harzreichem und zu 9·6 *kg* bei 1 *k* gewöhnlichem Holze annehmen.

Die Wärmeleitungsfähigkeit des Holzes ist eine geringe; sie is nach Professor Knoblauch-Halle in Richtung der Fasern grösser als i der Querrichtung und beträgt z. B. beim Kiefernholz längs 0·022 und que 0·0066.

C. Die wichtigsten Holzarten und ihre zweckmässigste Verwendung.

I. Die Laubhölzer.

§ 117. Eiche.

Die Eiche ist ein Kernholzbaum. Ihre wichtigsten Arten sind folgende:

a) **Stiel- oder Sommereiche** (*Quercus pedunculata Ehrh.*).

Kennzeichen: oberseits dunkelgrüne, unterseits bläulichgrüne, meistens länglich-verkehrt-eiförmige, buchtig gelappte, kahle Blätter, welche an Stielen sitzen, deren Länge die halbe Breite des Blattgrundes nicht erreicht; männliche, hellgrüne, fadenförmig längliche, büschelweise am Ende vorjähriger Triebe sitzende Blüthen, und lockere, gestreckte, weibliche, einzeln oder zu 2—3 zusammenstehende, an 5 *cm* langen Stielen sitzende Kätzchen; länglich-eiförmige, walzenförmige, von kurzen Bechern umschlossene, Ende October reif werdende Früchte (Eicheln) an langen und dicken Stielen und gewöhnlich zu 2—3 beisammen; röthliches, gelblich- bis schwärzlich-braunes Kernholz, hellgelbes Splintholz, grosse Poren im Frühjahrsholz und glänzende, breite Markstrahlen; eine an Gerbsäure reiche Rinde.

Vorkommen: in fast ganz Europa, bis zum 55. Grad nördlicher Breite, hauptsächlich in Niederungen, Flussauen und im Hügelgelände. Die Sommereiche gedeiht am besten auf einem sandigen, mit Dammerde und Lehm vermischten Boden und bildet an manchen grösseren Flüssen (z. B. an der Elbe und Donau) herrliche, zum Theil noch im Urzustande sich befindende Waldungen, kommt aber auch vereinzelt in anderen Wäldern vor.

Alter der Reife: 160—200 Jahre. Höhe: bis zu 40 *m*. Durchmesser: bis zu 3 *m*.

Abarten: Pyramideneiche (*Q. pyramidalis Gmd.*), im Wuchse der italienischen Pappel ähnelnd; Trauereiche (*Q. pendula Host.*) mit herabhängenden, dünnen Zweigen.

b) **Trauben-, Winter- oder Steineiche** (*Quercus sessiflora Sm.* oder *Q. robur β L.*)

Kennzeichen: oberseits dunkelgrüne, unterseits hellgrüne bis gelbliche, verkehrt eiförmige, buchtig gelappte Blätter, welche auf der unteren Seite zuerst mit weichen, später mit kurzen, straffanliegenden Härchen besetzt sind und wechselweise auf Stielen sitzen, deren Länge grösser ist als die halbe Breite des Blattgrundes; männliche, zu 2—4 zusammenstehende, mehr als 6 *cm* lange, herabhängende, gelbe Kätzchen und weibliche, gedrungene, purpurrothe Knospen bildende, dicht an den Blattwinkeln sitzende Blüthen; im Herbst meistens vollständig reife, kurze, mehr runde als eiförmige Eicheln zu 2—4, auch 6—12 traubenförmig an sehr kurzen Stielen sitzend; eine bei jungen Stämmen und an den Zweigen hellgrüne, bei dickeren Bäumen gräuliche, später röthlichbraune und bei sehr alten Stämmen mit einer starken, tiefrissigen Borke bedeckte Rinde; rostgelbes, poröses, brüchiges Holz, das nicht so zähe, aber härter als das der Sommereiche ist (daher der Name: Steineiche).

Vorkommen: fast nur in Mitteleuropa (bis zum 62. Grad nördlicher Breite), in Ebenen oder noch mehr in Gebirgen, jedoch in Deutschland nicht höher als etwa 650 *m* über dem Meeresspiegel. Die Traubeneiche liebt einen

trockenen, festen, aber ziemlich fruchtbaren Boden und gedeiht am besten auf einem mit Lehm vermischten Sandboden.

Alter der Reife: 200—250 Jahre. Höhe: bis 60 *m*. Durchmesser: bis 1·8 *m*.

c) **Weichhaarige oder Filzeiche** (*Q. pubescens Willd.*) mit der Traubeneiche nahe verwandt.

Kennzeichen: kurzgestielte, verkehrt eiförmige, buchtig gelappte, im Frühjahr sammetartig filzige, später unterseits flaumige oder zuletzt kahle, fast lederartige Blätter und kurgestielte, zu 2—3 beisammen stehende Eicheln; sehr brüchiges und lockeres Holz.

Vorkommen: besonders im Süden Europas, vereinzelt auch in Mitteldeutschland, Niederösterreich, Böhmen, Mähren u. s. w.

d) **Gemeine Immergrüneiche oder eigentliche Steineiche, auch Stecheiche** (*Quercus ilex L.*).

Kennzeichen: 10—20 *m* hoher Strauch oder Baum mit eiförmiger Krone und immergrünen, kleinen, elliptischen oder eirunden, stark gewellten, ungetheilten, zugespitzten, ganzrandigen oder dornig gezähnten Blättern, sowie mit kleinen, eiförmigen, sehr kurz gestielten essbaren Eicheln. Das Holz ist sehr schwer und hart (das schwerste und härteste Eichenholz Europas!), elastisch und nicht leicht faulend.

Vorkommen: in allen Mittelmeerländern. Durchmesser bis 30 *cm*.

e) **Zerreiche, österreichische oder burgundische Eiche** (*Q. cerris L.*).

Kennzeichen: verkehrt eiförmige oder längliche, buchtige oder fiederspaltige, flaumige oder unterseits graufilzige, stachelspitzlappige Blätter und fadenförmige Nebenblätter; grosse, längliche, in halbrunden, stachelig-schuppigen Bechern sitzende Eicheln; dicke, schwärzliche, gerbsäurereiche Rinde, schlanker Wuchs; sehr hartes, dickes und festes Holz (iron oak),

Vorkommen: auf waldigen Gebirgen der Schweiz, in Südtirol, Niederösterreich, Untersteiermark, Krain, Ungarn, im Littorale, in Italien, Spanien, Frankreich und auch im Orient. Die Zerreiche bildet im ungarischen Hügellande sowie am nordwestlichen Rande des Jura reine Bestände.

f) **Galläpfeleiche** (*Q. infectoria Oliv.*); 6—20 *m* hoher Baum oder Strauch in Portugal, Mittel- oder Südspanien, Griechenland, in der Türkei, in Kleinasien, Persien, Nordafrika u. s. w. Liefert Galläpfel.

g) **Kermes- oder Scharlacheiche** (*Q. cocciferra L.*); niedrige, strauchartige Eiche mit kleinen, eirunden, unzertheilten, dornig gezähnten, sehr kurz gestielten, immergrünen Blättern und kurzen, aber dicken und grossen Eicheln. Sie dient der Kermesschildlaus als Nahrung (vergl. § 256); ihre Heimat sind die Länder am Mittelmeere. — Es giebt auch eine amerikanische Scharlacheiche (*Q. coccinea L.*), deren Holz von Kanada aus vielfach versendet wird.

h) **Rotheiche** (*Q. rubra L.*).

Kennzeichen: verkehrt eirunde, kahle, schwach eingeschnittene, unterseits hellgrüne, im Herbste blutrothe Blätter.

Vorkommen: in Nordamerika; in Europa (namentlich in Deutschland) hier und da in Wäldern angepflanzt.

Alter der Reife: 120—150 Jahre (die Rotheiche ist also schnellwüchsig). Höhe: bis 25 *m*. Durchmesser: bis etwa 1·0 *m*.

i) **Lebenseiche** (*Q. vireus L.*); in Nordamerika heimisch, dortselbst am meisten geschätzt und sehr viel als Bau- und Nutzholz verwendet.

k) **Sumpfeiche**, mit kleinen, länglich-verkehrt-eiförmigen, in den Aderachsen bärtigen, tieffiederspaltigen, im Herbste scharlachrothen Blättern; in Nordamerika wachsend, in Europa auch vereinzelt in Parkanlagen vorkommend.

l) **Kastanieneiche** (*Q. prinus L.*), mit vielnervigen, geschweift gezähnten Blättern und mit rostgelbem, porösem, zähem, festem und dauerhaftem Holz. Sie bildet in Nordamerika grosse Wälder. Alter der Reife: 90—100 Jahre. Höhe: bis 24 *m*. Durchmesser: bis 90 *cm*.

m) **Grossfrüchtige Eiche** (*Q. macrocarpa Mchx.*) mit ungleich fiederspaltigen Blättern und etwa 5 *cm* langen Eicheln. Heimat: Nordamerika.

n) **Weisseiche** (*Q. alba L.*).

Kennzeichen: stumpflappige, auf der Unterseite weissflaumige, im Herbste sich violett färbende Blätter, weisse Rinde, weisses, schwammiges Holz.

Vorkommen: Die Weisseiche bildet in Nordamerika umfangreiche Waldungen und erreicht eine Höhe bis ca. 25 *m*; eine andere Art, deren Holz viel zum Bootbau verwendet wird und nur 5—6 *m* Höhe erreicht, wächst auf der Norfolkinsel.

o) **Färbereiche** (*Q. tinctoria Willd.*).

Kennzeichen: Länglich-verkehrt-eiförmige, auf der Unterseite hellgrüne, weichhaarige, schwach ausgeschweifte und gezähnelte Blätter.

Vorkommen: in Nordamerika.

Bemerkung. Die Färbereiche giebt die beste Lohe; ihre unter dem Namen Quercitron (vergl. 255, 9) in den Handel kommende Rinde wird zum Gelbfärben benutzt.

p) **Korkeiche** (*Q. suber L.*).

Kennzeichen: kleine, eirund-längliche, unzertheilte, gesägte, sehr kurz gestielte, immergrüne Blätter; kurz gestielte, lange Eicheln; dicke, schwammige Rinde mit zahlreichen und tiefen Rissen; sehr festes Holz.

Vorkommen: in den Mittelmeerländern. Höhe: bis 12 *m*. Durchmesser: bis 55 *cm*.

Bemerkung. Liefert den Kork, welcher alle 8—10 Jahre bis auf die Bastschicht abgeschält werden kann. Es giebt eine westeuropäische Korkeiche (*Q. occidentalis Gay*), welche im westlichen Frankreich, in Nordspanien und in Portugal wächst, u. s. w.

Verwendung des Eichenholzes. Das sehr schwere, harte, feste, zähe, im Wasser fast unverwüstliche, im Trockenen ungemein lange haltbare, aber auch im Wechsel von Trockenheit und Nässe recht dauerhafte, polirbare Eichenholz gilt, wenn unter günstigen Verhältnissen und im freien Stande aufgewachsen, als das beste Bauholz. Wegen seiner grossen Tragfähigkeit benutzt man es hauptsächlich zu Streben, Ständern und Hängesäulen, wegen seiner ausserordentlich hohen Dauerhaftigkeit unter Wasser zu Constructionstheilen für den Erd- und Wasserbau, für Schiffbauten, zur Herstellung von Wasserrädern, Fässern, Bottichen, ferner im Maschinenbau z. B. zu Wellen, Stirn- oder Kammräderkränzen, zu Tischlerarbeiten (Möbeln, Parkettfussböden, Treppenstufen, Thüren und Fenstern, Latteibrettern u. s. w.), zu Schwellen bei Fachwerksbauten, zu Fournieren, Dachschindeln, Eisenbahnschwellen u. s. w., endlich als Brenn- und Kohlholz. Seine Rinde dient zum Gerben von Fellen, seine Frucht zur Schweinemast und geröstet als Kaffeesurrogat, seine Korkschicht zur Herstellung von Flaschenstöpseln, Korksteinen,

Linoleum u. s. w. Weniger geeignet ist es für Unterzüge und weitgesprengte Balkenlagen wegen seines hohen specifischen Gewichtes, auch nicht zu Brunnen- und Wasserleitungsröhren, weil es dem Wasser einen eigenthümlichen Beigeschmack verleiht. Eichenholz besitzt auch den Nachtheil, dass es mit ihm eng verbundene Eisentheile (z. B. Bolzen) schnell zum Rosten bringt und dann in seinen das Eisen umschliessenden Theilen mürbe wird. Um ein Reissen und Werfen des Eichenholzes nach Möglichkeit zu verhüten, ist eine lange Austrocknung des Holzes vor seiner Verwendung nothwendig.

Eichensplintholz ist für technische Zwecke unbrauchbar, weil es sehr weich ist und vom Wurmfrass leicht befallen wird.

Erstclassiges Eichenholz ist solches mit mittelbreiten, gleichmässigen Jahresringen, feinen Poren, gleichmässiger, mehr heller wie dunkler Farbe und langen Fasern.

§ 118. Erle (Eller, Else).

Die Erle ist ein Splintholzbaum. Man kennt von ihr bis jetzt 14 Arten, deren wichtigsten die folgenden sind:

a) **Gemeine Erle, Schwarzerle, Rotherle** (*Alnus glutinosa Gaertn.*).

Kennzeichen: oberseits glänzend dunkelgrüne, unterseits matt hellgrüne, rundliche oder rundlich-verkehrt-eiförmige, meist gestutzte oder ausgerandete, am Grunde ganzrandige, oberseits klebrige und kahle, unterseits in den Aderwinkeln braunbärtige, sonst gleichfalls kahle Blätter; gestielte, stumpfe, röthliche Knospen und violettbraune, 5—6 *cm* lange Kätzchen; die weiblichen Kätzchen verwandeln sich nach der Blüthezeit in 10—13 *mm* lange, eiförmige, mit verkehrt-eiförmigen 2—3 *mm* langen Nüsschen (Samen) angefüllte und mit klebrigem, goldgelbem Wachsharz überzogene, holzige Zapfen; eine in der Jugend dunkelolivgrüne, regelmässig weissdrüsig punktirte, glatte, später dunkelgraubraune, fast schwarze und im Alter rissige, sich tafelförmig ablösende, durch Schorfmoose weisslich gefleckte Rinde; unbehaarte, in der Jugend klebrige Zweige; grobfaseriges, weiches, im nicht zu hohen Alter leichtspaltiges, leichtbrüchiges, frisch gefällt röthlichweisses, an der Luft jedoch bald orangegelb und röther werdendes Holz mit breiten Jahresringen, zahlreichen Markstrahlen und ziemlich grossen braunen Spiegeln.

Vorkommen: in ganz Europa bis zum 60. Grad nördl. Breite, namentlich in Schleswig-Holstein, Hannover, Ost- und Westpreussen u. s. w.; die Erle steigt im Harz bis 600 *m*, in den Südalpen bis 1200 *m* (vereinzelt auch bis 1300 *m*), in Norwegen jedoch nur bis 300 *m* hoch über den Meeresspiegel und wächst auch im nördlichen Afrika und Asien. Sie liebt einen feuchten, moorigen oder sumpfigen Boden und findet sich an Bächen und Flüssen, Teichen und auf nassen Wiesen (Erlenbruch).

Alter der Reife: 60 Jahre. Höhe: im Alter von 40—50 Jahren 20—25 *m*. Durchmesser: bis circa 65 *cm*.

b) **Weisserle, Grauerle, nordische Erle** (*Alnus incana DC.*).

Kennzeichen: eiförmig-längliche, spitze oder kurz zugespitzte, am Grunde abgerundete, ganzrandige, im Uebrigen scharf einfach oder doppelt gesägte, nicht klebrige, oberseits dunkelgrüne und kahle, unterseits blaugrüne, meist kurzhaarige oder fast filzige, später mitunter kahle Blätter, gewöhnlich ohne Haarbüschel in den Aderwinkeln; Zapfen höchstens 1 *cm* lang; Rinde grau

und glatt, im Alter jedoch etwas rissig; Zweige niemals klebrig; Holz stärker glänzend als das der Schwarzerle, heller, bleigrau oder weisslich gefärbt, feiner und dichter.

Vorkommen: in ganz Europa, namentlich aber in Preussen, Schweden, Finnland und Lappland u. s. w., auch in West-, Nord- und Ostasien, Nordamerika u. s. w. Die Weisserle liebt einen feuchten, nicht moorigen, leichten Boden und wächst am besten an den Ufern und in den feuchten Auen der Gebirgsbäche; man findet sie noch in Höhen von 1200 *m* über dem Meeresspiegel.

Alter: sehr niedrig, denn die Weisserle geht schon im 80. Jahre ein. Höhe: bis 22 *m*. Durchmesser: bis 50 *cm*.

c) **Bastarderle** (*Alnus pubescens Tausch.*)

Diese, eine Abart der Schwarz- und Weisserle darstellende Erle bildet einen Grossstrauch, kommt im Norden Europas, in Deutschland, Oesterreich u. s. w. vor und wird auch im Kaukasus angetroffen.

d) **Grünerle, Alpenerle, Birkenerle, Drossel** (*Alnus viridis DC* oder *Aln. alpina Borkh.*).

Kennzeichen: eiförmige, spitze, scharf doppelt gezähnte oder gesägte, oberseits dunkelgrüne, unterseits hellgrüne, kahle, nur an den Nerven behaarte, anfangs klebrige Blätter; weisses, zähes, ziemlich hartes Holz; Grossstrauch.

Höhe: 2·5—3 *m*. Durchmesser: 10—15 *cm*.

Vorkommen: hauptsächlich in der Knieholzregion der Alpen, wo sie bis über 2000 *m* Meereshöhe steigt, ferner auf der nördlichen Halbkugel der Erde im gemässigten und kalten Klima, jedoch trifft man sie in Norddeutsch land vom Harz nördlich, sowie in Schweden und Norwegen nicht an.

Noch zu erwähnen ist die *Alnus var. incisa* mit fiederspaltigen, spitzlappigen Blättern und die *A. var. laciniata*, eine Abart der Schwarzerle, mit mehrlappig gespaltenen Blättern, beide in Parkanlagen häufig anzutreffen, sowie die *A. serrulata*, welche in Nordamerika heimisch ist und in Nordböhmen im verwilderten Zustande angetroffen wird; ihre Blätter sind feingesägt.

Verwendung des Erlenholzes. Das wegen seiner grossen Geschmeidigkeit leicht und gut zu bearbeitende, schön schwarz zu beizende, in beständig feuchtem Boden und unter Wasser ausserordentlich dauerhafte und im Wasser schwarz und steinhart werdende, in der Trockenheit dagegen leicht dem Wurmfrass unterworfene, im Wechsel von Trockenheit und Nässe keine Haltbarkeit besitzende Holz der Schwarzerle eignet sich besonders zu Grund- und Wasserbauten, zu Brunnen- und Wasserleitungsröhren, Viehtrögen, Fussböden in Viehställen und wird auch zu Tischler- und Drechslerarbeiten, zu Schnitzwaaren (z. B. Holzschuhen), zu Fournieren, weil es oft gewässert maserig ist, zu Möbeln, weil es durch Poliren dem Mahagoniholz ähnlich wird, ferner zur Herstellung von Cigarrenkisten, in der Glasfabrikation als Formholz zum Glätten von Tafelglas u. s. w. benutzt. Als Brennholz hat die Schwarzerle nur einen mässigen Werth; seine Rinde dient zum Gerben und Färben und macht das Leder kastanienbraun. Das Weisserlenholz wird hauptsächlich zu Tischlerarbeiten verwendet.

§ 119. Esche.

Die Esche ist ein Kernreifholzbaum; man findet sie auf der Erde in etwa 30 Arten; die wichtigsten derselben sind:

a) **Die gemeine oder Edelesche** (*Fraxinus excelsior L.*).

Kennzeichen: gegenständige, unpaarig gefiederte, gestielte, aus 7 bis 15 lanzettförmigen, zugespitzten, ungleich scharf gesägten, dunkelgrünen Blättchen zusammengesetzte Blätter; dunkelschwarzbraune Knospen; geflügelte Schliessfrucht; Rinde bis zum 40. Jahre grünlichgrau und feinrissig, im höheren Alter rauhborkig mit breiten Längs- und scharfen Querrissen; Holz in der Jugend gelblichweiss oder grauweiss, später bräunlichgelb, im Kern fast braun, auch gelblich geflammt, im schrägen Anschnitt gefladert, an der Wurzel dem Olivenholz ähnlich, bunt geflammt, mit breitem Splint, grosser Markröhre, kaum wahrnehmbaren, 0·5 *mm* hohen Markstrahlen, breiten Jahresringen mit feinporigem Sommer- und grobporigem Herbstholz, schwer, hart, schwerspaltig, zähe, elastisch, seidenartig glänzend, fest und etwas grobfaserig; schöner schlanker Stamm.

Vorkommen: in fast ganz Europa bis zum 62. Grad nördl. Breite und im Kaukasus. Die gemeine Esche gedeiht am besten in feuchten, viel Dammerde enthaltenden Niederungen und Flussauen, kommt aber auch im Gebirge auf Höhen bis etwa 1200 *m* über dem Meeresspiegel vor.

Alter der Reife: 100—120 Jahre. Höhe: bis 32 *m*. Durchmesser: bis 1·5 *m*.

Verwendung. Das Eschenholz lässt sich gut bearbeiten und besitzt, wenn es im Winter gefällt, sofort geschnitten und getrocknet wird, eine grosse Haltbarkeit, auch reisst es dann nicht. Im Trockenen ist seine Dauerhaftigkeit im Allgemeinen eine grosse, in der Nässe und im Wechsel von Trockenheit und Nässe eine geringe; es wird leicht vom Wurmfrass befallen. Als bestes Eschenholz gilt das ungarische, sofern der Stamm auf steinigem Boden gewachsen ist und schön gewundene Fasern besitzt. Wegen seiner grossen Biegsamkeit ist es zu Constructionstheilen wenig tauglich und deshalb kein eigentliches Bauholz, dagegen eignet es sich gut zu Tischler-, Stellmacher- und Drechslerarbeiten, z. B. zur Herstellung von Wagen, Pflügen, Leitern, Turngeräthen, Rudern, Lanzenschäften, Peitschenstielen, musikalischen Instrumenten, ferner wegen seiner schönen Maserung zu Fournieren, sodann zu Werkzeug- und Maschinentheilen u. s. w. Als Brennholz steht es dem Buchenholz an Güte weit nach. Eschenrinde dient zum Gerben und Gelbfärben von Leder.

Abarten: *b*) **einfachblätterige Esche** (*Fraxinus monophylla Desf.* oder *simplicifolia Willd.*) mit einfach eiförmigen, also ungefiederten Blättern.

c) **Trauer- oder Hängeesche** (*F. var. pendula*) mit herabhängenden Langtrieben und Aesten.

d) **Goldesche** (*F. var. aurea*) mit röthlichgelb berindeten Zweigen.

e) **krausblättrige Esche** (*F. var. crispa*) mit schwärzlichgrünen, am Rande gekräuselten Fiederblättchen.

Endlich sind noch zu erwähnen:

f) **die amerikanische oder weisse Esche** (*F. americana L.*) mit weissröthlichem Holze von grosser Härte und Elasticität; mit den Abarten:

blaue Esche (*F. quadrangulata Mchx.*), rothe Esche (*F. pennsylvanica Marsh.*) und schwarze Esche (*F. nigra Marsh.*).

g) **die Blumen- oder Mannaesche** (*F. ornus L.*), ein in Südeuropa und im Orient wachsender, meist zur Gattung Esche gerechneter Baum, aus dessen Einschnitten ein zuckerreicher, an der Luft erstarrender Saft, Manna, ausfliesst.

§ 120. Gemeine Buche (Rothbuche).

Die Buche ist ein Reifholzbaum, meistens ohne Kern mit geradem, rundem Stamm. Die hauptsächlichsten Arten sind folgende:

a) **Rothbuche, gemeine Buche, Mastbuche** (*Fagus sylvatica L.*).

Kennzeichen: glatte, lebhaft glänzende, grüne, weiche, am Rande flachbuchtige und zottig gewimperte, eirunde, schwach gezähnte, kurzgestielte, an schwachröthlichen Zweigen sitzende, meistens zu drei wechselweise gegenüberstehende Blätter; im Spätherbste reif werdende und abfallende, vierspaltige, mit borstenförmigen Schuppen bedeckte und mit zwei (seltener mit drei) dreikantigen Nüssen (Bucheckern) angefüllte Frucht; männliche, an Stielen in den unteren Laubblattachseln diesjähriger Triebe sitzende, fast kugelförmige Blüthenkätzchen, die im Mai traubenweise erscheinen, und weibliche, an aufrechten Stielen in der Achse je eines Laubblattes an diesjährigen Gipfeltrieben sitzende, röthliche Fruchtknoten bildende Blüthenstände; weissgraue, graue oder graugrüne, glatte, rissefreie, im Alter mitunter versteinte, rauhe und rissige Rinde; rundliche, dichte, aus mittelstarken Aesten und dünnen Zweigen gebildete Krone; mittelschweres, hartes, festes, dicht- und feinfaseriges, sehr leichtspaltiges, sprödes, wenig elastisches, in der Jugend, wenn auf freiem Stande gewachsen, weisses, später lichtröthlichbraunes oder röthliches Holz mit starken, dunklen, 5 *mm* hohen Markstrahlen, deren Spiegel auf dem Hirn- und Querholz hell, auf dem Langholz dunkel erscheinen, mit deutlichen, aber nicht sehr breiten Jahresringen und mit sehr dünnem Mark.

Vorkommen: hauptsächlich in Mitteleuropa (Deutschland, Oesterreich, Frankreich und in der Schweiz) und in Norwegen bis zum 60. Grad, aber auch im südlichen Schweden, England und Irland, Mittelspanien, Portugal, Apulien und Sicilien, im Kaukasus, in Griechenland, Persien u. s. w. Sie steigt in den Alpen bis 1540 *m*, in Sicilien bis 2000 *m* über den Meeresspiegel; sie gedeiht am besten auf einem kalk-, lehm-, dammerde-, sand- oder kieshaltigen, trockenen, nahrhaften Boden und in feuchter Luft; sie liebt sowohl Ebenen und Thäler als auch geschützt liegende Gebirgshänge.

Alter der Reife: 100—120 Jahre. Höhe: im freien Stande bis 26 *m*, im geschlossenen und auf fruchtbarem Boden bis 33 *m*. Durchmesser: bis 1·0 *m*.

Verwendung. Buchenholz besitzt im Trockenen und unter Wasser eine grosse, im Wechsel von Trockenheit und Nässe eine geringe Haltbarkeit und wird im Freien leicht stockig (Erkennungszeichen: gelbe Flecke); es schwindet stark, quillt, wirft sich und ist dem Wurmfrass sehr stark unterworfen; man kann es daher zu Constructionstheilen des Hochbaues nicht verwenden. Gut geeignet ist es dagegen zu Grund- und Wasserbauten, Strassenpflasterungen und Brückenbelägen, zu nicht polirten Tischlerarbeiten (Fussböden, Treppenstufen, Stuhllehnen, gebogenen Möbeln nach dem System Thonet, vergl. § 146),

zu Stellmacherarbeiten (landwirthschaftlichen Geräthen, Radfelgen u. s. w.) und Maschinentheilen (z. B. Radkränzen für Mühlenräder), ferner zu Rudern und Schiffskielen, zu Hausgeräthen, zu Eisenbahnschwellen, falls das Holz mit Metallsalzen oder Kreosot imprägnirt wird, zu Schrauben, Stampfen, Rollen, Schnitzwaaren (z. B. Holzschuhen), Fässern u. s. w. Buchenholz lässt sich gut und glatt bearbeiten und durch Beizen mahagoniholzartig färben. Es ist das beste Brennholz und liefert beim Verbrennen eine sehr kalireiche Asche, sowie einen an Kreosot sehr reichen Theer. Seine Rinde wird zum Gerben benutzt.

b) **Blutbuche** (*Fagus purpurea Ait.*); Abart der Rothbuche, mit braunrothen Blättern. Heimat: Mitteleuropa u. s. w.

c) **Fagus antarctica**, mit immerwährend braunen Blättern. Heimat: Patagonien und Feuerland.

d) **Reulibuche** (*F. procera*). Heimat: das mittlere Südamerika.

e) **Fagus Cunninghami** (*native myrtle*), mit sehr hartem, politurfähigem Holz. Heimat: in der gemässigten Zone Australiens.

f) **Fagus ferruginea Ait.** Mit grossen rostfarbigen Blättern und rötherem Holze. Heimat: Nordamerika.

g) **Roble Coignebaum** (*F. Dornbeyi*), deren Holz der Feuchtigkeit gut widersteht und viel als Bauholz, sowie zu Kahnbauten benutzt wird. (Ein ausgehöhlter Stamm soll 6—7 Mann tragen können.) Nicht selten ist der schnurgerade Stamm bis 20 *m* Höhe über dem Erdboden astfrei. Heimat: Chile.

h) **Fagus argentea, javanica, Tungurrent.** Heimat: Java.

i) **Fagus Sieboldi Endl.** und **japonica Max.** Heimat: Japan.

k) **Fagus incisa, asplenifolia, aristata** u. s. w. mit fiederlappigen, schmal- oder spitzlappigen, auch anders gestalteten Blättern.

§ 121. Weiss- oder Hainbuche.

Die Weissbuche, ein Splintholzbaum, gehört nicht zu den eigentlichen Buchen, sondern zur Familie der Kupuliferen. Als wichtigste Arten gelten:

a) **Gemeiner Hornbaum, Hainbuche, Hagebuche, Jochbuche, Heister** u. s. w. (*Carpinus betulus L.*).

Kennzeichen: ei- oder länglich-eiförmige, zugespitzte, scharf doppeltgesägte, längs der Seitennerven faltige Blätter; männliche, walzenförmige, an der Spitze diesjähriger Triebe sitzende Kätzchen; weibliche, einen unterständigen Fruchtknoten bildende Blüthen; einsamige, von flügelförmigen Deckblättern begleitete Frucht; weisse oder weissgraue und weiss-gefleckte sowie gewöhnlich grünbemooste, glatte, an sehr alten Stämmen etwas längsrissige Rinde; dunkelrothe oder dunkelviolette junge Zweige mit feinen weissen Drüsenpunkten; dunkelgraue, weissgrau marmorirte oder punktirte dickere Aeste; zottige, kurze Blattstiele; unrunder, aus- und eingebuchteter, spannrückiger, drehwüchsiger Stamm; sehr hartes, ungemein festes und zähes, schweres, schwerspaltiges, feinporiges, kurzfaseriges, weisses oder grauweisses, auch grünlichen Anflug besitzendes, etwas glänzendes, im Alter im Kern bräunlich gestreiftes Holz mit undeutlichen, meistens wellig verlaufenden Jahresringen, sehr vielen, oft handhohen Markstrahlen und dunkelbraunen, dicken, gekrümmten Spiegeln.

Alter der Reife: etwa 80 Jahre. Höhe: meistens 9—12 *m*, ausnahmsweise bis 25 *m*. Durchmesser: selten über 50 *cm*.

Vorkommen: in ganz Europa bis zum 56.° nördl. Breite, jedoch nicht in Griechenland und Italien; vorzugsweise im Tief- und Hügellande; im Gebirge niemals hochsteigend (im Harz bis 400 *m*, im bayerischen Wald bis 700 *m*, in den Vogesen bis 800 *m*, in den Alpen 900—1100 *m* hoch). Der Hornbaum stellt in Deutschland die einzige Weissbuchenart dar; er liebt einen lockeren, dammerdehaltigen Boden.

Verwendung: Hornbaumholz schwindet und reisst wenig, besitzt im Trockenen eine grosse Haltbarkeit, vermag aber dem Witterungswechsel nicht lange zu widerstehen. Es wird am besten sofort nach dem Fällen in die nothwendigen Formen geschnitten, weil es nach erfolgter (übrigens lange Zeit beanspruchender) Austrocknung so hart ist, dass man es mit Säge oder Axt kaum bearbeiten kann. Als Bauholz ist es schon seines schlechten Wuchses und seiner meist geringen Abmessungen wegen nicht gut geeignet, dagegen findet es zur Herstellung von Maschinentheilen, z. B. von Schrauben, Pochstempeln, Zapfenlagern, Kammrädern, ferner zu Hebeln, Walzen, Massstäben, Axt- und Hammerstielen, Heften, Hobelgestellen, Zwingen, Stellmacherarbeiten, Geräthen, Schuhleisten, Schuhmacherstiften u. s. w. vielfach Verwendung. Es nimmt eine gute Politur an. Als Brennholz kommt es dem Rothbuchenholz ziemlich nahe.

b) **Amerikanische Weissbuche** (*Carpinus americana*), eine Abart des gemeinen Hornbaumes. Heimat: Nordamerika.

c) **Morgenländischer Hornbaum** (*C. orientalis*), mit hartem, sehr geschätztem Holz, kleineren, nicht zugespitzten Blättern, kleineren Früchten. Dieser, den kältesten Winter gut überstehende, oft strauchartige Baum kommt in Ungarn, Krain und im österreichischen Littorale vor, sowie in der Türkei und in Vorderasien.

d) **Hopfenbuche** (*C. ostrya*), mit braunerem Holz von ausserordentlicher Festigkeit. Heimat: Südeuropa, Nordamerika.

§ 122. Ulme oder Rüster.

Die Ulme ist ein Kernreifholzbaum. Man kennt von ihr 16 Arten; die wichtigsten sind:

a) **Gemeine Ulme, Rüster, Feldulme** u. s. w. (*Ulmus campestris L.*)

Kennzeichen: Grosse, sich rauh anfühlende, oberseits kahle oder fast kahle, unterseits in den Blattaderwinkeln feinbehaarte, dunkelgrüne, ovale, kurz zugespitzte, grob doppeltgesägte, kurzgestielte, wechselweise sitzende und flach ausgebreitete Blätter; in von Knospenschuppen umgebenden Knäueln sitzende, zwitterige Blüthen in den Blattachseln vorjähriger Triebe; einsamige, beiderseits geflügelte Früchte; an jungen Trieben steif behaarte, korkige, hellbraune, an den Aesten glatte, an alten Stämmen dicke, tiefgefurchte, fein aufgerissene, dunkelbraune, sich nicht abschuppende Borke bildende Rinde; im Kern röthlichbraunes, im Splint und an jungen Stämmen gelblich weisses, feinporiges, dichtfaseriges Holz mit schmalen Jahresringen, welche ein grossporiges Frühjahrsholz und ein mit dunklen Querstrichen versehenes Herbstholz besitzen; ferner mit sehr kleinen, auf der Schnittfläche als braune Punkte oder Strichelchen erscheinenden Spiegeln, meistens schön gemasert (gefleckt, geadert und geflammt), ausserordentlich zähe, hart, schwerspaltig, sehr schwer, elastisch; ziemlich runder Stamm.

Vorkommen: in ganz Europa bis zum 63.° nördl. Breite. Die Ulme liebt etwas feuchte Niederungen.

Alter der Reife: 70 Jahre. Höhe: bis etwa 33 *m*. Durchmesser: bis etwa 1 *m*.

b) **Flatterulme** (*Ulmus effusa Willd.*).

Kennzeichen: langgestielte, hängende, am Grunde meist sehr schief herzförmige, oberseits glatte und kahle, unterseits weisshaarige, langgestielte, lockere, büschelförmige, hängende Blüthen; kleine ovale Früchte, deren Kern inmitten des zottig gewimperten Flügels liegt; helleres, nicht so feines, weniger gemasertes, aber härteres und festeres Holz als das der gemeinen Ulme; flach- und dünnstückig abblätternde Rinde.

Vorkommen: Mitteleuropa, in Wäldern und Gebüschen.

c) **Bergulme** (*Ulmus montana With.*).

Kennzeichen: auf beiden Seiten scharfbehaarte, dünne, meist grosse, länger zugespitzte Blätter; halbkugelförmige (büschelförmige), dichte Blüthen; längliche Früchte, deren Kern inmitten des nicht gewimperten Flügels liegt; langrissige Rinde an alten Stämmen; Holz ähnlich dem der Flatterulme.

Vorkommen: in ganz Mitteleuropa und in einem grossen Theile von Norwegen.

d) **Amerikanische Ulme** (*U. americana*), mit braunem, zähem, dem Witterungswechsel nicht gut widerstehendem Holze. Heimat: Nordamerika (von Neuschottland bis Louisiana).

e) **Waldulme** (*Ulm. scabra Mill.*), mit scharf doppeltgezähnten, langen, zugespitzten Blättern. Heimat: Mittel- und Nordeuropa.

f) **Haynulme**, mit hartem, zähem, etwas grobfaserigem, grauem Holz, mit dunklen Querstrichen, schön gewellt, an der Luft heller werdend, an der Wurzel oft schön bunt gemasert.

g) **Korkulme** (*U. suberosa Ehrh*). mit korkig geflügelten Aesten, gelblich braunem, röthlich geflecktem und geadertem, zähem Holz und dicker, aufgesprungener Korkrinde. Sie wächst langsamer als die gemeine Ulme und hat einen schwächeren Stamm. Heimat: Europa.

Verwendung. Das schwer, aber spiegelglatt zu bearbeitende, in immerwährender Trockenheit und Nässe sehr dauerhafte, meistens auch dem Witterungswechsel gut widerstehende, ausgetrocknet sich nicht leicht werfende, dem Wurmfrass wenig unterworfene, starke Erschütterungen, ohne zu zersplittern, ertragende Ulmenholz wird hauptsächlich zu Wasser- und Grundbauten sowie als Schiffbauholz (an Stelle des Eichenholzes) verwendet, ferner zur Herstellung von Mühlwellen, Wasserrädern, Achsen, Felgen, Stellmacherarbeiten (landwirthschaftlichen Geräthen), Glockenstühlen u. s. w., sodann zu Tischlerarbeiten, weil es zumeist schöne Masern besitzt und durch Beizen dem Mahagoniholz ähnlich wird. Das Holz der Flatterulme dient vorzugsweise zu Parkettfussböden, das schön gemaserte der Traubenulme zu Tischler- und Drechslerarbeiten, das der Haynulme zu eingelegten Arbeiten (Intarsien), das der Waldulme zu Wagen- und Lafettentheilen sowie zu Gewehrschäften, das der Korkulme zu Tischler-, Drechsler- und Stellmacherarbeiten und zur Korkgewinnung. Ulmenholz gilt auch als gutes Brennholz, das dem Rothbuchenholz nur wenig nachsteht.

§ 123. Pappel.

Von den 18 Arten ist nur die Zitterpappel ein Splintbaum, alle übrigen Pappeln sind Kernholzbäume.

Für die Technik kommen hauptsächlich folgende Arten in Betracht:

a) **Zitterpappel, Aspe oder Espe** (*Populus tremula L.*).

Kennzeichen: fast kreisrunde, ausgeschweifte, grobgezähnte, anfangs seidenhaarig-zottige, zuletzt kahle, im leisesten Winde sich bewegende Blätter; Zweige und Knospen wenigstens anfänglich behaart; fingerig-eingeschnittene, zottiggewimperte Kätzchenschuppen; weiches, glattes, leichtes, sehr geradspaltiges, gut bearbeitbares, festes, zähes und elastisches Holz mit zumeist dichtem und gleichmässigem Gefüge, kleinen Spiegelfasern und dicken Jahresringen, in der Wurzel schön gemasert, im Stamm weiss, mitunter gelblich oder bräunlich und mit geflammten Adern; sperrige, wenig schöne Krone.

Alter der Reife: 70—90 Jahre. Höhe: 20—22 *m*. Durchmesser: bis etwa 90 *cm*.

Vorkommen: in Europa, Nordamerika und Nordasien. Die Espe wächst auf jedem Boden.

Verwendung: zu Tischler-, Drechsler-, Schnitzer- und Modellirarbeiten, namentlich zu Parkettfussböden, Blindböden, Vertäfelungen, Tischplatten, Trittstufen, ferner zur Herstellung von Sparren, sogenannten schwedischen Zündhölzern, in Livland auch zu leichten Booten u. s. w. Aus Espenholz wird auch der Holzstoff zur Papierfabrikation erzeugt. Als Brennholz hat die Espe nur einen geringen Werth.

b) **Schwarzpappel** (*Populus nigra L.*).

Kennzeichen: fast dreieckige, an langen, meist seitlich zusammengedrückten Stielen hängende, am Rande stumpfgezähnte, glänzende, wohlriechende, unten hellgrüne Blätter mit zahnloser Spitze; völlig unbehaarte, mit klebrigem, zähem, goldgelbem Wachs überzogene, stark riechende, bitter brennende, gewürzartig schmeckende Knospen; weiches, brüchiges, fast schwammiges, wenig dauerhaftes, poröses, unter dem Hobel leicht faserndes, sich wenig werfendes und nicht leicht reissendes, weisses, nach dem Kern zu brauner werdendes, graugeflammtes Holz mit deutlichen Jahresringen, welches sich, wenn auf dem Stamm geschält, gut poliren lässt und eine ziemlich grosse Festigkeit erreicht, und das unter der Erde allmälig eine grüne Farbe annimmt; gewelltes und geflammtes, maseriges, durch Beizen dem Ebenholz ähnlich werdendes Wurzelholz; dünne, durchsichtige Krone.

Alter der Reife: 36—40 Jahre. Höhe: 20—25 *m*. Durchmesser: bis 1 *m*.

Vorkommen: im grössten Theile von Europa, sowie in Nord- und Mittelasien. Die Schwarzpappel liebt feuchte Orte und findet sich demgemäss viel an den Ufern von Flüssen und Seen.

Verwendung: hauptsächlich zu Mulden und Backtrögen, zu Tellern und Löffeln; schlechtes Brennholz.

c) **Weisspappel, Silberpappel** (*Populus alba L.*).

Kennzeichen: langgesielte, rundlich-eiförmige, buchtig-gelappte, oberseits glänzend grüne, unterseits schneeweissfilzige Blätter; kurze, dicke, nickende Blüthenkätzchen mit rostbraunen, wenig gewimperten Deckschuppen; weisslichgraue, in der Jugend glatte, im Alter rissige Rinde; zähes, feinfaseriges,

weiches, leicht und glatt spaltbares, nicht sehr dauerhaftes, weisses, im Alter braunes, gut polirbares, sich wenig werfendes und nicht reissendes Holz; geflammtes und gemasertes Wurzelholz; stattliche volle Krone.

Alter der Reife: etwa 50 Jahre. Höhe: bis 23 *m*. Durchmesser: bis 90 *cm*.

Vorkommen: in Mittel- und Südeuropa. Die Silberpappel findet man vorzugsweise in feuchten Wäldern und an den Ufern von Flüssen und Seen.

d) **Kanadische Pappel, Waldpappel** (*Populus canandensis Mnch.*).

Verwendung: zu Tischler-, Drechler und Schnitzarbeiten.

Kennzeichen: dreieckig-eiförmige oder rhombische, am Rande kahle oder anliegend behaarte Blätter; herrliche volle Krone.

Vorkommen: Nordamerika.

e) **Italienische Pappel, Chaussee- oder Pyramidenpappel** (*Populus pyramidalis Mnch.*).

Kennzeichen: rautenförmig zugespitzte, hackig gesägte, unbehaarte Blätter; cylinderförmige, lockere, gekrümmte Blüthenkätzchen mit rostbraunen Deckschuppen; nahezu senkrecht stehende, angedrückte Aeste; sehr biegsames, sehr weiches, im Trockenen dauerhaftes Holz von atlasartig glänzender grauer Farbe und mit schöner Faserzeichnung.

Alter der Reife: 36—40 Jahre. Höhe: bis 30 *m*. Durchmesser: bis 1·20 *m*.

Vorkommen: in Italien und im Orient; in Deutschland u. s. w. als Chausseebaum.

Verwendung. Das sehr schwer glatt zu verarbeitende, weil immer eine faserige Oberfläche behaltende und durch eindringende Feuchtigkeit rauh werdende Holz der italienischen Pappel findet im Baufach keine Verwendung, sondern wird hauptsächlich als Brennholz benutzt.

f) **Balsampappel** (*Populus balsamifera L.*).

Kennzeichen: herzförmige oder ovale, nicht gelappte, unterseits weissliche, oberseits grüne, stark balsamisch riechende Blätter mit kahlen, kurzen, rundlichen Stielen; wenig kantige, braunrothe, klebrige Zweige; klebrige

schalige Nüsse; gerader, runder Stamm mit glatter, im Alter flachrissig-borkiger Rinde; weiches, gut aber nicht eben spaltbares, leichtes, gleichförmiges, dichtes, etwas grobfaseriges, mässig festes und zähes, leicht und glatt bearbeitbares (schnitzbares), sehr geschmeidiges, röthlich gelbes oder graues Holz mit breitem weissen Splint, dünnem Mark, wenig sichtbaren, feinen Jahresringen, zahlreichen, 5 *mm* hohen Markstrahlen und mit wanzenartigem Geruch.

Alter der Reife: 150—200 Jahre. Höhe: 20—25 *m*. Durchmesser: bis 1·70 *m*.

Vorkommen: in Mittel-, Ost- und Nordeuropa. Die Steinlinde liebt bergige und mehr trockene Lage; sie steigt im Böhmerwald bis 700 *m*, in Tirol einzeln bis 1200 *m* Meereshöhe. Sie ist die gewöhnliche Dorf- und Burglinde und war den alten Deutschen heilig.

b) **Sommer-, Wasser- oder grossblättrige Linde** (*Tilia grandifolia Ehrh.*).

Kennzeichen: etwas grössere, herzförmig-rundliche, schief zugespitzte, unterseits blass-grasgrüne, oberseits graugrüne, weichhaarige Blätter mit helleren Bärtchen in den Achseln der Adern; etwas grössere hellgelbe Blüthen und kantige Nüsse mit holziger Schale; röthlichweisses, feines, gleichmässiges, dichtfaseriges, sehr geschmeidiges, leichtes, gut und glatt bearbeitbares, leicht dem Wurmfrass unterworfenes Holz mit zahlreichen Markstrahlen.

Alter der Reife: 100 Jahre. Höhe: 25—30 *m*. Durchmesser: 60—90 *cm*.

Vorkommen: namentlich in Südeuropa, aber auch in Nord- und Mitteleuropa. Die Sommerlinde steigt im Böhmerwalde bis 1000 *m*, in Tirol einzeln bis 1200 *m*, in den bayerischen Alpen bis 1000 *m* Meereshöhe und liebt einen lehmigen, frischen, etwas fetten Boden, gedeiht aber auch auf jedem anderen Boden.

c) **Schwarzlinde** (*Tilia nigra*), mit beiderseits grünen, kahlen, unterseits undeutlich bebärteten Blättern, vielblüthigen Trugdolden, schwarzer oder dunkelgrauer Rinde. Heimat: Nordamerika.

d) **Morgenländische Silberlinde** (*Tilia argentea DC.*), mit oberseits fast kahlen, unterseits silberweissen Blättern, wenigblüthigen hellgelben Trugdolden, dichtweissfilzigen Zweigen und Knospen. Heimat: in Ungarn und im Orient. Eine andere Art (*Tilia alba Ait.*) wächst in Nordamerika.

e) **Gemeine Linde** (*Tilia vulgaris Hayne*; *Tilia intermedia DC.*), mit mittelgrossen, beiderseits kahlen Blättern mit graugrünen Bärtchen in den Achseln der Adern. Vorkommen: Mittel- und Nordeuropa.

Noch zu erwähnen: *Tilia pubescens* mit grossen, weisshaarigen Blättern, *Tilia americana* mit kahlen, beiderseits grünen Blättern, kanarische Linde mit weissem, übelriechendem, rothsaftigem Holze u. s. w. Diese Arten sind in Amerika heimisch.

Verwendung des Lindenholzes. Das Lindenholz besitzt im Trockenen eine grosse Dauerhaftigkeit, dagegen verwest es unter Wasser und im Freien sehr bald. Wegen dieser geringen Haltbarkeit und auch wegen seiner grossen Weichheit ist es als Constructionsholz nicht verwendbar.

Dagegen wird es vielfach zu Bildhauer-, Modellir- und Vergolderarbeiten, ferner, weil es sich wenig wirft und nicht reisst, zu Tischlerarbeiten, Blindböden bei Fournieren, Reissbrettern u. s. w. verwendet. Aus dem Lindenbast fertigt man Flechtwerke (Matten, Seile, Taue), auch benutzt man

ihn zum Binden. Eine Art, die *Tilia corchorus*, liefert die als Jute bekannten Gespinnstfasern. Aus Lindensamen gewinnt man Oel; die Lindenblüthen liefern einen schweisstreibenden Thee. Die Linde hat als Brennholz nur einen mässigen Werth; ihre Kohle wird zur Pulverfabrikation und als Zeichenkohle (Reisskohle) verwendet.

§ 125. Ahorn.

Von dem Ahorn, einem Splintbaum, kennt man einige 70, grösstentheils nordamerikanische oder mittelasiatische, in Deutschland und Oesterreich nur sechs Arten; die wichtigsten sind:

a) **Weisser oder gemeiner Ahorn, Bergahorn, stumpfblättriger Ahorn** u. s. w. (*Acer pseudoplatanus*).

Kennzeichen: grosse, oberseits dunkelgrüne, unterseits blaugrüne, unbehaarte, an den Rändern grobsägezähnige, an langen rothen Stielen sitzende Blätter mit fünf stumpfen Lappen und Buchten; grüngelbe, hängende, langgestielte Blüthentrauben; lanzettförmig-geflügelter, im reifen Zustande bräunlichgelber Samen; grünlichbraune, glatte Rinde, welche die sich später bildende Borke in Platten abstösst; schön weisses, oft schön geflammtes und geadertes, seidenartig glänzendes, sehr hartes, festes, zähes, ziemlich schweres, bei sehr alten Bäumen oft schwammiges Holz mit feinen, gleichmässigen Fasern, 1 *mm* hohen Markstrahlen und zahlreichen bräunlichen Spiegeln.

Alter der Reife: 80—100 Jahre. Höhe: bis 33 *m*. Durchmesser: bis 1·5 *m*.

Vorkommen: in fast allen Welttheilen zwischen dem 35. und 60. Grad nördlicher Breite. Der gemeine Ahorn liebt einen kalkigen, basaltigen Boden und kühle, luftige, feuchte Orte und Berggipfel; er steigt im Harz und Erzgebirge bis 600 *m*, in den bayerischen Alpen bis 1500 *m* Meereshöhe.

Verwendung. Das im Trockenen grosse Dauerhaftigkeit besitzende, im Witterungswechsel wenig haltbare, dem Wurmfrass leicht unterworfene Holz lässt sich gut glatthobeln und schön poliren, auch leicht und fest (nach Art des Mahagoniholzes) beizen; es wirft sich wenig und reisst nicht leicht, wenn gut ausgetrocknet. Von allen Ahornarten besitzt der gemeine Ahorn das feinste und weisseste Holz. Letzteres hat als Bauholz keine Bedeutung, dagegen ist es ein begehrtes Holz für Tischler-, Drechsler- und Bildhauerarbeiten. Man fertigt aus ihm Treppenstufen, Parkettfussböden, Möbel, Fourniere, musikalische Instrumente, Maschinentheile, Zeichengeräthschaften (Reissschienen und Winkel) u. s. w. Als Brennholz besitzt es fast den gleichen Werth wie Rothbuchenholz.

b) **Feldahorn oder Massholder** (*Acer campestre L.*).

Kennzeichen: kleine, drei- oder fünfstumpflappige, ganzrandige, unterseits weichhaarige Blätter; aufrechte Doldentrauben; röthlich-weisses, im Kern dunkleres, an der Wurzel braungeflammtes, hartes, etwas glänzendes, sehr schwer spaltbares, zähes Holz; weiche, hellfarbige, korkige Rinde.

Höhe: selten bis 15 *m*, meistens nur gering (Strauch). Durchmesser: bis 30 *cm*.

Vorkommen: in ganz Europa und in Nordasien, in Ebenen und im Hügellande. Der Feldahorn steigt in den bayerischen Alpen bis 800 *m* Meereshöhe, fehlt aber vollständig in den Schweizer Alpen.

Verwendung. Das im Trockenen sehr dauerhafte, oftmals schön gemaserte Holz wird vorzugsweise zu Drechslerarbeiten, ferner zu Flintenschäften, musikalischen Instrumenten, Pfeifenköpfen, Dosen u. s. w. verwendet; aus den Zweigenden werden Peitschenstiele geflochten. Der Feldahorn ist ein beliebter Heckenstrauch in Deutschland.

c) **Spitzahorn, spitzblättriger Ahorn, Lenne** (*Acer platanoides L.*).

Kennzeichen: grosse, fünf- bis siebenlappige, langspitzig verlaufende, gezähnte, stumpfbuchtige, unterseits kahle, paarweise auf langen Stielen sitzende Blätter, welche abgerissen einen weissen Saft von sich geben; in aufrechten Trugdolden stehende Blüthen; gelblichweisses, grobfaseriges, dichtes, hartes, zähes, schweres, schönspaltiges, im Trockenen mässig dauerhaftes, leicht faulendes und erstickendes Holz; 20—30 *m* hoher Stamm.

Vorkommen: im nördlichen Europa. Der Spitzahorn gedeiht selbst in morastigen Niederungen (z. B. in den russischen Ostseeprovinzen).

d) **Eschenblättriger Ahorn oder Negundo-Ahorn** (*Acer aceroides Moench* oder *Acer negundo L.*), mit gefiederten, weissgelben oder weissgescheckten Blättern und ziemlich feinem, glänzendem, hellgelbem, sehr porösem, festem, zähem, schwerem, schönspaltigem Holz. Vorkommen: in Nordamerika als Zierbaum.

e) **Silberahorn** (*Acer dasycarpum Ehrh.*), mit ziemlich feinem, leichtspaltigem, etwas hartem, feinadrigem, gut beizbarem, leicht zu tränkendem Holz mit weitmaschigem Gewebe, sehr breitem weissen Splint und braunem Kern. Heimat: Westamerika (am Ohio).

f) **Zuckerahorn** (*Acer saccharium*), mit ziemlich festem, glänzendem, röthlichem oder weisslichem, hartem, schwerem, schönspaltigem, leicht zu imprägnirendem Holz. Vorkommen: Nordamerika. Verwendung: vorzugsweise zu Flintenschäften und zur Pottaschengewinnung. Aus dem Saft des Zuckerahorns wird in den Hinterländern Nordamerikas Zucker gewonnen.

g) **Gestreifter Ahorn** (*Acer striatum L.*), mit ziemlich feinem, hartem, schwerem, festem, zähem, schönspaltigem Holz mit undeutlicher Grenze zwischen dem gelben Kern und dem weissen Splint, oft schön geflammt und gut zu poliren. Dieser mit schöner, weissgestreifter Rinde ausgestattete Baum wächst in Nordamerika.

h) **Tartarischer, herzblätteriger oder russischer Ahorn** (*Acer tartaricum L.*), mit ganzen Blättern und mit feinem, glänzendem, weniger zähem, im Splint röthlichweissem, im Kern braunem Holz mit deutlichen Jahresringen. Das im Splint leicht zu tränkende, feste, harte, schwerspaltige Holz widersteht den Witterungseinflüssen sehr lange. Heimat: Russland; — u. s. w.

§ 126. Birke.

Die Birke ist ein Splintbaum, sie kommt fast in allen Welttheilen vor. Man kennt von ihr 36 Arten und unterscheidet Baum- und Strauchbirken. In Europa giebt es nur zwei Baumbirken, nämlich:

a) **Die gemeine Birke oder Weissbirke** (*Betula alba L.*).

Kennzeichen: rautenförmig-dreieckige, zugespitzte, doppelgesägte, ausgewachsen unbehaarte, langgestielte Blätter mit zahlreichen, wohlriechendes Wachsharz ausscheidenden, weissen Drüsen und an zierlichen, bei älteren Bäumen gewöhnlich herabhängenden, langen Zweigen; männliche, walzen-

förmig längliche, hängende, paarweise beisammenstehende und weibliche, aufgerichtete, einzelne Blüthenkätzchen; geflügelte Frucht (Flügel doppelt so breit als das Nüsschen selbst); junge Stämme mit glatter, gelbbrauner Rinde, stärkere Stämme mit weisser, der Quere nach bandförmig sich abrollender Korkrinde; alte Bäume mit längs- und querrissiger schwärzlicher Rinde; junges Holz leicht, weich, fein und weiss, älteres gelblich oder röthlichgrau, ziemlich hart, sehr zähe, gut spaltbar, ziemlich schwer, an den Stammenden und Wurzelstöcken häufig gemasert, mit zahlreichen 0·5 *mm* hohen Markstrahlen, breiten Jahresringen und sehr feinen Spiegeln.

Alter der Reife: etwa 60 Jahre. Höhe: bis 24 *m*. Stammdurchmesser: bis 60 *cm*.

Vorkommen: hauptsächlich in Nord- und Osteuropa, im norddeutschen Tiefland, in den baltischen Ländern, in Norwegen und Schottland, auch in der Türkei, Italien, Syrien u. s. w. — Die gemeine Birke wächst selbst auf dem magersten und trockensten Boden und liebt einen mit Lehm vermischten Sandboden.

Verwendung: Das Weissbirkenholz ist umso fester, je nördlicher der Standort des Baumes. Es besitzt im Freien keine Haltbarkeit, sondern wird in feuchter Luft meistens schon nach Jahresfrist morsch. Es arbeitet sehr stark, wirft sich bedeutend und quillt sehr stark auf, ist schwer auszutrocknen und dem Wurmfrass leicht unterworfen. Als Bauholz ist es daher nicht tauglich; man verwendet es zu Constructionstheilen nur dann, wenn es in grosser Menge vorhanden ist; es ist dann im Saft zu hauen, auszulaugen oder auszuräuchern, in einzelnen Fällen auch zu imprägniren u. s. w. Hauptsächlich dient das Weissbirkenholz zu Drechsler-, Tischler- und Stellmacherarbeiten; man fertigt aus ihm Wagendeichseln und, falls gemasert, Pfeifenköpfe. Dosen, Schalen, Löffeln u. s. w. Aus dem Birkenreisig stellt man Besen, Körbe, Zäune und Stickwände für landwirthschaftliche Gebäude her. Die Birkenkohle dient zu chemischen Versuchen u. s. w.; der Russ als Buchdruckerschwärze. Aus dem süssen, im Frühjahr in reichlicher Menge aufsteigenden und aus Wunden des Stammes ausfliessenden Saft bereitet man in einigen Gegenden Wein (Birkenwein, Birkenwasser), aus den Blättern Schüttgelb (siehe § 255, 12). Die wasserdichte, der Verwesung lange Zeit widerstehende Rinde dient in Schweden zum Eindecken der Dächer (man nagelt sie auf und bedeckt sie mit Rasenstücken); ferner benutzt man die Rinde als Unterlage für Schwellen und Balken, um von diesen die Feuchtigkeit fernzuhalten; sodann gewinnt man aus ihr in Russland Theer (Birkentheer), welcher als Wagenschmiere und zur Bereitung des Juchtenleders dient, dem es den eigenthümlichen Geruch verleiht. Aus dem Birkentheer erhält man durch Destillation das farblose Birkenöl, welches zur Bereitung von Parfumerien und Fruchtäthern benutzt wird. Endlich dient die Rinde zum Gerben, sowie zum Gelb- und Braunfärben von Leder und zur Herstellung von Tabaksdosen. Das Holz der gemeinen Birke ist auch als Brennholz sehr gut brauchbar.

Bemerkung. Besitzt die gemeine Birke herabhängende Zweige, so nennt man sie auch Trauer- oder Hängebirke (*Betula pendula Roth.*).

b) **Die Haar-, Ruch-, Moor- oder Moschusbirke** (*Betula pubescens Ehrh.* oder *B. odorata Bechst.*).

Kennzeichen: eiförmige oder rhombisch-eiförmige, an den Seitenecken abgerundete, kurzgestielte, in der Jugend in den Aderwinkeln behaarte, immer

klebrige, weiche, angenehm balsamisch riechende, oberseits glänzend-graue, unterseits gelbgrüne Blätter ohne Harzwarzen (Drüsen); behaarte junge Zweige; geflügelte Frucht (Flügel ebenso breit als das Nüsschen); rothbraune, weisspunktirte Rinde.

Vorkommen: auf moorigem und feuchtem Boden in Deutschland, Russland und Nordeuropa. Die Haarbirke wächst sehr langsam und meist strauchartig.

Verwendung: dieselbe wie bei der gemeinen Birke.

Abart: Schwarzbirke (*Betula pubescens var. nigra*), mit dunkler (rothbrauner) Rinde.

In Nordamerika sind folgende Birkenarten heimisch:

Papierbirke (*B. papyracea*), viel verwendet; aus dicken Stämmen fertigen die Indianer leichte Boote.

Pappelbirke (*B. popolifolia Ait.*), unter Wasser allgemein haltbar und daher viel zu Schiffstheilen benutzt, welche unter Wasser liegen; das Holz wird höher geschätzt als das der europäischen Birken.

Zähe Birke (*B. lenta L.*), mit glatter, sich nicht ablösender, dunkelgrauer Rinde.

Hohe Birke, Zuckerbirke (*B. excelsa L.*), mit gelblicher Rinde; Holz sehr geschätzt.

Gelbe Birke (*B. lutea Mchx.* oder *yellow birk*), mit gelber Rinde.

Ulmenblättrige Birke (*B. ulmifolia Sieb. et Zucc.*); — u. s. w.

In Ostasien und Sibirien wächst die **Ermann's Birke** (*B. Ermanni*), auf Torfmooren der Hochgebirge und in der Polarzone die **Zwergbirke** (*B. nana L.*) mit niedergestrecktem, nicht über 50 *cm* hohem Stämmchen und am Boden liegenden Zweigen, deren Spitze oft nur aus dem Moos hervorragen, und mit kleinen, runden Blättern und aufrechtstehenden, länglichen Fruchtähren.

Vorkommen: in Deutschland, Schweden und Norwegen, Sibirien und Kanada.

Noch erwähnenswerth sind: die etwa 1·5 *m* hoch werdende **Alpenbirke** (*B. intermedia Thomas*) und die 0·5—2 *m* hohe, in Norddeutschland vorkommende **Strauchbirke** (*B. humilis Schrank* oder *B. fruticosa Pall.*).

§ 127. Weide.

Wegen der sehr zahlreichen Bastarde ist die Bestimmung der Arten schwierig. Nach Andersson giebt es 160 Weidenarten und 68 Bastarde. Die wichtigsten sind:

a) **Weiss- oder Silberweide** (*Salix alba L.*).

Kennzeichen: lanzettförmige, gezähnte, kurzgestielte, seidenartig glänzende, oberseits blaugrüne, unterseits gelbliche, weiss-schimmernde Blätter; einfächerige Kapselfrucht mit vielen kleinen, mit einem Büschel seidenartig glänzender Haare versehenen Samenkörnern; an jungen Stämmen braungraue, an älteren graugrüne, an ganz alten gelblichbraune und längsrissige Rinde; gut riechende, an kurzen filzigen Stielen sitzende Blüthenkätzchen; ziemlich grobfaseriges, weiches, etwas glänzendes, in der Jugend elastisches, im Kern schmutzigrothes, im Splint weisses Holz mit zahlreichen 5 *mm* hohen Markstrahlen.

Alter der Reife: 40—50 Jahre. Höhe: bis 24 *m*. Stammdurc] messer: bis 1·20 *m*.

Vorkommen: in ganz Europa, besonders an den Ufern von Bäche Flüssen und Sümpfen. Die Silberweide gedeiht auf jedem genügend feuchten Boder

Verwendung: Das wenig dauerhafte, im Wasser aufweichende, de Wurmfrass sehr stark unterworfene, schwierig zu bearbeitende Holz eign sich nicht als Bauholz. Man fertigt aus den Zweigen der Silberweide Fas reifen und Faschinen und benutzt ihre Rinde zum Gerben und Färbe des dänischen Handschuhleders. Als Brennholz ist das Weidenholz von nu geringem Werth.

b) **Sahl- oder Sohlweide** (*Salix caprea L.*).

Kennzeichen: eiförmige oder verkehrt-eiförmige, unterseits graufilzig welkig gekerbte Blätter; seitliche, anfangs sitzende, später gestielte Aehren fein aufgerissene, grünlichgraue Rinde an älteren Aesten und breit aufg rissene, hellgraue an älteren Stämmen.

Höhe: bis 12 *m* (Grossstrauch).

Vorkommen: in ganz Europa. Die Sahlweide liebt feuchte Orte.

Verwendung: zu Korbflechtereien und Schachteln; als Bauholz ohn jede Bedeutung; als Brennholz geringwerthig; ihre Kohle dient zum Zeichne und zur Herstellung von Schiesspulver; ihre Rinde zum Gerben und Färbe des dänischen Handschuhleders.

c) **Korb- oder Flechtweide** (*Salix viminalis L.*).

Kennzeichen: lanzettförmige, 15—18 *cm* lange, schwachgezähnt Blätter mit seidenweichen Haaren auf der Unterseite; lange, ruthenartig biegsame, schnellwachsende, grüngelbliche Zweige; graubehaarte Rinde a jungen Stämmen; zähes und weiches Holz.

Vorkommen: in ganz Europa; die Korbweide liebt einen sonnige Ort und einen feuchten Boden; man findet sie daher hauptsächlich an de Ufern von fliessenden und stehenden Gewässern.

Verwendung: zu Körben und Flechtwerken aller Art, sowie zur Be festigung von Ufern.

d) **Bruchweide** (*Salix fragilis L.*), mit sehr zähen, biegsamen Zweigen Verwendung: dieselbe wie Korbweide.

Noch zu erwähnen:

die **gelbe Band- oder Dotterweide** (*S. vitelina*), mit lanzettförmigen feinzugespitzten, gezähnten, am Rande gegen die Spitze feindrüsigen Blätter und schön gelb berindeten, langen Zweigen;

die aus dem Orient stammende **Trauer- oder Napoleonsweide** (*S babylonica L.* oder *S. pendula Moench*), mit ruthenartigen, hängenden Zweigen

die **Werftweide** (*S. acuminata*), mit eiförmig-zugespitzten, ausgefranzte Blättern;

die **Mandelweide** (*S. amygdalina L.*), mit grossen, breiten, eiförmig zugespitzten, starkadrigen, feingezackten, oberseits dunkelgrünen und unterseit weissen Blättern;

die **Lorbeerweide** (*S. pentranda*) mit ellipsenförmigen, glatten, glänzen den, knorpelig-gezähnten Blättern;

die **Roth-, Purpur-, Reif-, Brech-, Rosmarin-, Alpen-, Zwergweide** u. s. w

Die meisten der zuletzt aufgeführten Weidenarten eignen sich zur Her stellung von Flechtwerk und dienen zum Uferschutz.

§ 128. Akazie und Robinie.

Die **echten** Akazien stellen dornige Bäume und Sträucher dar, welche in mehr als 400 Arten in der heissen Zone heimisch sind; sie besitzen doppelt gefiederte Blätter oder blattartig ausgebreitete Blattstiele und polygamische, Köpfchen oder Aehren bildende, einzeln oder zu mehreren in den Blattachseln stehende Blüthen. Viele von ihnen liefern *Gummi arabicum*, Bablah (Neb-Neb, Garrat), gutes Nutzholz u. s. w. Hervorzuheben sind:

a) *Acacia arabica Willd.*, welche in Arabien, Aegypten und Ostindien heimisch ist, ein hellrothes, in der Kunsttischlerei vielfach verwendetes, sowie zum Färben geeignetes Holz, eine gerbstoffreiche Rinde, sowie gerbstoffreiche Hülsenfrüchte (Bablah) besitzt, welche zum Gerben und Schwarzfärben benutzt werden.

b) *Acacia nilotica Del.*, in Senegambien und Oberägypten vorkommend, liefert *Gummi arabicum* und ebenfalls gerbstoffreiche Hülsen (14—20%).

c) *Acacia Farnesiana*, an der Westküste von Amerika (von Chile bis Mexiko und Texas) heimisch, mit schwarzer Rinde, zahlreichen Dornen, wohlriechenden, paarweise den Blattachseln entspringenden, langgestielten, kugelförmigen, gelben Blüthenköpfchen und knoblauchartig-riechender Wurzel. Die Blüthen, von denen in Südfrankreich allein jährlich 10.000—20.000 *kg* gewonnen werden, dienen zur Bereitung von Parfumerien und Liqueuren, sowie als Thee, die Wurzeln zum Gerben und Färben. Auch diese Akazienart liefert Bablah.

d) *Acacia Adansonii Guill. et Perrot*, rother Senegal-Gummibaum, am Ausflusse des Senegal wachsend, liefert das sogenannte Senegalgummi, ebenso:

e) *Acacia Verek Guill. et Perrot*, in Westafrika heimisch.

f) *Acacia catechu Willd.*, Katechu-Akazie, in Ostindien wachsend. Aus ihrem Holze gewinnt man durch Auskochen und Eindicken die Drogue Katechu; ihre Rinde dient zum Gerben.

g) *Acacia melanoxylon R. Br.*, in Deutschland als Zierpflanze bekannt, liefert ein sehr festes und schweres Holz (Blackwood), welches in der Kunsttischlerei viel verwendet wird. Aus ihrer Rinde gewinnt man einen dem Katechu ähnlichen Stoff.

h) *Acacia Lebbek W.*, in Ostindien heimisch, mit sehr dichtem und hartem Holz, das in der Tischlerei und namentlich zur Herstellung von Werkzeuggriffen benutzt wird.

i) *Acacia homalophylla*, mit hartem, schwerem, unpolirt stark veilchenartig riechendem Holz, aus welchem Drechslerarbeiten, eingelegte Arbeiten, Handschuh- und Taschentücherkästen u. s. w. hergestellt werden; — u. s. w.

Die **falsche** Akazie oder **Robinie** (*Robinia pseudacacia L.*), ein Kernholzbaum, bildet nur wenige Arten in Nordamerika. Sie ist auch in Europa, und zwar in ganz Mitteleuropa bis nach Südspanien hin verbreitet, vermag jedoch im nördlichen und nordöstlichen Europa dem Klima nicht zu widerstehen. Man findet sie in Ebenen und auf Hügeln, auf trockenem, nahrhaftem, sandigem Boden und verwittertem vulcanischen Erdreich. Die Robinie liebt einen freien, sonnigen, windstillen Ort. Ist der Boden zu mager, so bleibt die Robinie im Wachsthum sehr zurück und wird leicht hohl.

Kennzeichen: hellgrüne, unpaarig gefiederte Blätter, mit 11—15 glatten, ellipsenförmigen Blättchen; weisse oder rothe, schön duftende

Schmetterlingsblüthen in reichblüthigen, locker hängenden Trauben; glatte, schwärzliche Hülsenfrüchte mit 6—8 nierenförmigen, braunen Samenkörnern; lange, leichtbrüchige, bedornte Zweige; ziemlich gerader und runder Stamm; schon bei jungen Stämmen rissige, bei alten sehr dicke, stark längsrissige Rinde; schöne, ziemlich offene Krone; schweres und hartes, sehr zähes und elastisches, schwerspaltiges, schwierig zu bearbeitendes, jedoch leicht abzudrehendes, verschiedenartig gefärbtes, oft purpurroth geadertes, atlasartig glänzendes Holz, welches fester ist als Eichenholz.

Alter der Reife: 50 Jahre. Höhe: bis 25 *m*: Stammdurchmesser: bis 1 *m*.

Verwendung. Das Robinienholz besitzt bei üppigem Wachsthum einen breiten, bei langsamem einen schmalen Splint, ist ungemein dauerhaft, selbst im Wechsel von Trockenheit und Nässe, widersteht sehr lange der Fäulniss und wird auch nicht von Würmern angegangen. Es lässt sich gut hobeln und nimmt eine schöne Politur an. Daher stellt es ein sehr gutes Bauholz dar, das weit mehr als Eichenholz verwendet werden würde, wenn es in grösserer Menge vorkäme. Man benutzt es hauptsächlich im Grund- und Wasserbau, zu Maschinentheilen, Tischler-, Drechsler- und Stellmacherarbeiten, Schiffstheilen (namentlich Schiffsnägeln) u. s. w. In Nordamerika hält man das rothbraune Robinienholz für das beste, das grüngelbe für mittelgut und das weissliche für geringwerthig. Weil die Robinie sehr lange Wurzeln besitzt und selbst auf magerem Sandboden gedeiht, so benutzt man sie zur Befestigung des Flugsandes an den Ufern der Flüsse und Bäche in sandigen Gegenden und, weil sie Dornen trägt, als Heckenbaum. Als Brennholz besitzt sie, namentlich im Alter von 20—30 Jahren, fast den gleichen Werth wie Rothbuchenholz. Endlich findet ihr Holz auch zum Gelbfärben vielfach Verwendung.

Abarten: **Kugelakazie** (*Robinia inermis*), mit hoher, kugelförmiger Blätterkrone, ohne Dornen und ohne Blüthenbildung; **rothe Akazie** (*R. hispida L.*) mit rothen Blüthen; **klebrige Akazie** (*R. viscosa Vent.* oder *glutinosa Sims.*), mit klebrigen, stachellosen Zweigen und rothen Blüthentrauben u. s. w.

§ 129. Kastanie.

Den Namen »Kastanie« führen zwei verschiedene Kernholzbäume, nämlich:

a) **Die Edelkastanie oder essbare Kastanie** (*Castanea vulgaris L.* oder *C. vesca Gaertn.*), welche zur Familie der Kupuliferen gehört.

Kennzeichen: grosse, bis etwa 30 *cm* lange, breit-lanzettförmige, glatte, lang zugespitzte, ungetheilt gezähnte, kurz gestielte, wechselweise an den Zweigen stehende, lederartige, glänzende, hellgrüne Blätter; männliche, in langen Scheinähren geknäuelte und weibliche, von einer vierspaltigen Hülle umschlossene, derbstachelige Blüthen; stachelige Früchte mit 2—3 lederfarbigen, essbaren Nüssen (Maronen); an jungen Stämmen braunrothe und weissgefleckte, lange Zeit glattbleibende, an alten Stämmen schwarzbraune, streifenförmig flach aufgerissene, borkige und an den Streifen weissliche Rinde; abstehende, dichtbelaubte Aeste; runder, gerader Stamm; schweres, hartes, elastisches, Gerbstoff enthaltendes, sehr feinfaseriges, ungemein geschmeidiges,

schön weisses oder hellbraunes Holz mit sehr vielen 0·5 *mm* hohen Markstrahlen.

Alter der Reife: 60 Jahre. Höhe bis 35 *m*. Stammdurchmesser: oft sehr bedeutend (im Alter von 60 Jahren etwa 70 *cm*).

Vorkommen: in ganz Südeuropa wild wachsend, vereinzelt auch in Süddeutschland (Rheinpfalz, Bergstrasse), sehr selten in Norddeutschland zu finden; im Mittelmeergebiet prachtvolle Wälder bildend. Die Edelkastanie liebt einen kräftigen, tiefgrundigen, aus Sand, Lehm und Dammerde bestehenden Boden und eine trockene, geschützte Lage. Sie stammt aus Kleinasien.

Verwendung. Das im Trockenen und in beständiger Nässe sich sehr gut haltende, im Wechsel von Trockenheit und Nässe jedoch wenig dauerhafte, dem Eichenholz ähnelnde Holz liefert ein brauchbares Bauholz, wird aber hauptsächlich zu Stühlen, Geräthen, Weinfässern und Fassreifen (Frankreich), zu Schiffbauten (England und Frankreich) u. s. w. benutzt. Die Rinde dient zum Gerben und Braunfärben; das oftmals sehr schön gemaserte Wurzelholz zu eingelegten Arbeiten u. s. w. Die essbaren Früchte werden von den Bewohnern Italiens, Südfrankreichs und der Schweiz vielfach als Hauptnahrungsmittel benutzt.

b) **die Rosskastanie** oder **wilde Kastanie** (*Aesculus Hippocastanum L.*), welche zur Familie der Sapindaceen gehört.

Kennzeichen: keilförmige, kurz zugespitzte, gezähnte, gefingerte, langgestielte, gegenständige, dunkelgrüne Blätter; grosse, lebhaft gefärbte Blüthen in straussähnlichen Rispen; glänzend braune, in stachligen Kapseln sitzende, ungeniessbare, den echten Kastanien ähnliche Früchte; rissige, braungraue Rinde; feines, dichtes, langfaseriges, zartes, weiches, fast schwammiges, leichtes, gelblichweisses, zuweilen graubraun geflammtes Holz mit 0·5 *mm* hohen Markstrahlen.

Vorkommen. Die wilde Kastanie ist im Orient, im nördlichen Persien und Tibet heimisch und in Deutschland, auch in Nordamerika, Mexico u. s. w. vielfach angepflanzt. Sie steigt in den Alpen bis 1200 *m* hoch.

Verwendung. Das im Trockenen dauerhafte, im Wasser leicht faulende, dem Wurmfrass nicht ausgesetzte Holz findet vorzugsweise zu Tischler- und Bildhauerarbeiten Verwendung. Die Rinde benutzt man zum Gerben, die Früchte zur Thierfütterung. Die Rinde von 4—6jährigen Aesten enthält Aeskulin oder Schillerstoff und wird als Ersatz der Chinarinde gebraucht.

Abarten: die rothblühende Pavie (*A. pavia L.*), mit rothen, giftigen Blättern, nicht klebrigen Knospen und mehr eiförmigen als runden, giftigen, meist stachellosen Früchten, die rothblühende Rosskastanie (*A. carnea Willd.*); u. s. w.

§ 130. Nussbaum.

Vom Nussbaum, einem Kernholzbaum, sind die folgenden Arten die wichtigsten:

a) **Walnussbaum** (*Juglans regia L.*)

Kennzeichen: grosse, hellgrüne, länglich-eiförmige, unpaarig gefiederte, am Grunde ungleich gezähnte, wohlriechende, an einem gemeinsamen, in ein Blatt endigenden Stiel sitzende Blätter; hängende, dicke, walzenförmige, grün-

liche Kätzchen mit männlichen Blüthen und kleine, röthliche, einzeln oder zu mehreren beisammenstehende, weibliche Blüthen; kugelförmige, ölreiche, einkernige, im reifen Zustande essbare Steinfrucht (Walnuss) in fleischig-lederartiger, ungeniessbarer Schale; frühzeitig feinrissige, borkige, graue oder bräunlichweisse Rinde; grosse, runde, dichtbelaubte Krone; oft in der Mitte etwas eingezogener und bis 6 *m* Höhe über dem Erdboden astfreier Stamm; braune Zweige; im Splint grauweisses und weiches, im Kern röthlich-gelbes, rostgelbes, olivengrünes, grau- oder schwarzbraunes Holz, das zuweilen geflammt und fein gemasert, stets fest, zähe, fein, dicht- und kurzfaserig, mittelschwer und hart ist.

Höhe: bis 25 *m*. Stammdurchmesser: bis 1·5 *m*.

Vorkommen: im Orient, im nördlich-gemässigten Asien (Japan, Nordchina) heimisch, im südlichen Europa (z. B. Griechenland) und am kaspischen Meere vielfach angepflanzt und in Europa bis zum 50. Breitengrade fortkommend. Der Walnussbaum steigt in Italien bis 1300 *m*, auf der Südseite der Alpen bis 1150 *m*, auf der Nordseite derselben bis 1000 *m* und in den Vogesen bis 650 *m* Meereshöhe und liebt einen mässig festen, humusreichen, tiefgründigen, nicht zu feuchten Boden und eine milde Lage.

Verwendung. Das im Trockenen sehr dauerhafte, jedoch stark schwindende und im Splint leicht dem Wurmfrass unterworfene, leicht zu bearbeitende Holz findet neben dem Eichenholz in der Möbeltischlerei die meiste Verwendung; man benutzt es vorzugsweise zu den feinsten Fournierarbeiten, ferner zu Wand- und Deckentäfelungen, Treppenausstattungen, Schnitzer- und Drechslerarbeiten, auch zu Maschinentheilen. Als Bauholz wird es, schon seiner Kostspieligkeit wegen, nicht verwendet. Sehr geschätzt ist das französische (sogenannte Franzenholz) sowie das italienische und spanische Nussbaumholz. Die Walnüsse werden in reifem Zustande als Obst gegessen, in unreifem candirt. Aus dem Samen wird Oel (Nussöl) gewonnen.

b) **Schwarzer Walnussbaum** oder **Butternussbaum** (*Juglans nigra L.*).

Kennzeichen: länglich-lanzettförmige, unterseits behaarte, kurzgestielte, gesägte Fiederblättchen des Blattes; kugelförmige, schwarzschalige, in reifem Zustande essbare Früchte; sehr schönes, hartes, dunkelbraunes Holz; schlanker, bis 30 *m* hoher Stamm.

Vorkommen: in den östlichen Staaten Nordamerikas und Texas heimisch, in Europa angepflanzt.

Verwendung. Das Holz, welches im Trockenen äusserst dauerhaft und gegen Fäulniss und Wurmfrass geschützt ist, wird in Amerika sehr geschätzt und als Nutzholz verwendet.

c) **Grauer Walnussbaum** oder **Oelnussbaum** (*Juglans cinerea L.*).

Kennzeichen: gesägte, beiderseits behaarte Blättchen; eiförmig-längliche, zugespitzte Früchte; schön schwarzbraune, an alten Stämmen fast schwarze Rinde; schön geflammtes, bisweilen hell- und dunkel geadertes, fein zu polirendes Holz und schön gemasertes Wurzelholz.

Vorkommen: im östlichen und nördlichen Theile von Nordamerika, namentlich Canada; in Europa angepflanzt.

Verwendung. Das schön gezeichnete Holz dient als Nutzholz. Aus dem bei Verwundungen des Stammes ausfliessenden Saft wird in Massachusetts Zucker bereitet.

§ 131. Platane.

Man unterscheidet bei der Platane fünf Arten, von denen vier in Nordamerika und eine im Orient sowie in Griechenland heimisch sind. Somit erhält man zwei Hauptarten, nämlich:

a) Die **abendländische Platane, Sykomore** oder **Wasserbuche** (*Platanus occidentalis L.*).

Kennzeichen: bis 30 *cm* lange und breite, handförmig gelappte, scharfgezähnte, lang gestielte, am Grunde herz- oder keilförmige, ahornähnliche, oberseits dunkelgrüne, unterseits mattgrüne und weissfilzige Blätter an weissfilzigen Blattstielen; männliche Kätzchen aus keilförmigen, fleischigen, auf einer kugelförmigen Spindel sitzenden Schuppen; eine an jungen Zweigen aschgraue oder olivengrüne, mit weissen, warzenähnlichen Querpunkten versehene und eine an älteren Stämmen dünne, weissliche, in grossen dünnen Platten und Schuppen sich abblätternde Rinde, unter welcher sich eine neue gelbbraune Rinde bildet; länglicher, zugespitzter, am Grunde langhaariger Samen; einsamiges Nüsschen als Frucht; weisses, ziemlich leichtes, elastisches, festes, schön zu polirendes, sehr hartes, schlechtspaltiges, im Sehnenschnitt gefladertes Holz mit sehr vielen 0·2 *mm* hohen Markstrahlen und schönen Spiegeln.

Höhe: bis 25 *m*. Stammdurchmesser: bis 3·0 *m*.

Vorkommen: in Nordamerika heimisch, in Europa vielfach angepflanzt. Die Sykomore liebt einen lockeren, fetten und feuchten Boden.

Verwendung. Das dem Ahornholz ähnelnde Holz hat nur im Trockenen längere Haltbarkeit, es wirft sich leicht und stark und wird hauptsächlich zu Tischler- und Drechslerarbeiten benutzt.

b) Die **morgenländische Platane** (*Platanus orientalis L.*).

Kennzeichen: kleine, tiefausgeschnittene, fünflappige, tiefgezähnte, am Grunde meist keilförmige, steife, wohlriechende Blätter an röthlichen Blattstielen; glatte, graue, sich fast alljährlich erneuernde Rinde; schnurgerader Stamm; röthlichweisses, braungeadertes, zähes, festes, sehr hartes, leichtes, feines Holz.

Vorkommen: in ganz Südeuropa, namentlich in den Ländern am Mittelmeere und an Wegen, sowie in Gärten oft anzutreffen; in Mittel- und Norddeutschland nicht fortkommend.

Verwendung. Das ebenfalls dem Ahornholz ähnelnde, wegen seiner grossen Härte sehr schwer zu bearbeitende, sich leicht und stark werfende, eine schöne Politur annehmende Holz findet zu Tischler- und Zimmerarbeiten, zu musikalischen Instrumenten, Schiffbauten, Schrauben u. s. w. Verwendung.

Bemerkung. Die im Frühjahre in grosser Menge abfallenden Sternhaare der jungen Blätter der Platane üben auf die Athmungsorgane einen starken Reiz aus und erzeugen Schnupfen (sogenannten Platanenschnupfen); aus diesem Grunde werden diese schönen Bäume heutzutage viel weniger als früher als Alleebäume angepflanzt.

§ 132. Obstbäume.

I. Kirschbaum.

Von den vielen Arten sind für die Technik die wichtigsten:

a) **Mahalebkirsche, Steinweichsel, türkische Weichsel, St. Lucien- oder St. Georgsholz** (*Prunus mahaleb L.*).

Kennzeichen: eiförmige, feingezähnte, wohlriechende, am Rande drüsige Blätter; zahlreiche, weisse, schön riechende, in kurzgestielten Doldentrauben vereinigte Blüthen; schwärzliche, erbsengrosse Frucht; wohlriechendes, röthliches, sehr hartes Holz mit sehr zahlreichen 0·2 *mm* hohen Markstrahlen.

Höhe: meistens nur bis 2·4 *m* (Strauch), in einigen Ausnahmefällen bis 12 *m*.

Vorkommen: in Mittel- und Südeuropa heimisch. Die Steinweichsel liebt gebirgige Gegenden.

Verwendung. Das schöne Politur annehmende, durch Beizen dem Magahoniholz ähnlich werdende Holz dient vorzugsweise zu feinen Tischler- und Drechslerarbeiten. Aus den jungen, dünnen und geraden Schossen werden Pfeifenrohre (Weichselrohre) hergestellt.

b) **Sauerkirsche, Weichselkirsche** (*Prunus cerasus L.*).

Kennzeichen: steif abstehende, elliptisch-lanzettförmige, glatte, ungleich gezähnte, zugespitzte, dunkelgrüne Blätter, deren Blattstiele nur in seltenen Fällen mit Drüsen besetzt sind; einzelne Dolden mit kleinen Blättern; weisse Blüthen; runde Früchte mit rothem, färbendem, säuerlichem Saft und rundem Stein ohne scharfe Kanten; kleiner, meistens gerader Stamm; zerstreut stehende, dünne, häufig hängende Zweige; röthlichbraunes, festes, hartes, feinfaseriges, grobspaltiges, feingeadertes, kleinjähriges, wenig kernästiges Holz.

Höhe: bis 8 *m*. Stammdurchmesser: bis 30 *cm*.

Vorkommen: in Kleinasien heimisch, in Europa vielfach verwildert vorkommend. Die Sauerkirsche gedeiht am besten auf einem tiefgründigen, nahrhaften, leichten, nicht zu feuchten Boden und besitzt viele Abarten (z. B. Süssweichsel, Glaskirsche u. s. w.)

Verwendung. Das sehr dauerhafte, glatt zu hobelnde, vorzügliche Politur annehmende, durch Beizen mahagoniartig werdende Holz wird als Massivholz und Fournierholz in der Tischlerei verwendet, ferner zu Drechslerarbeiten und besonders zu Pfeifenrohren (echtes Weichselholz).

c) **Vogelkirsche, Wildkirsche, Süss-** oder **Holzkirschbaum** (*Prunus avium L.*).

Kennzeichen: grosse, länglich-eiförmige, dünne, schlaffe, oft überhängende, drüsig gezähnte, etwas runzelige, unterseits flaumige Blätter, an deren Blattstielen sich zwei oder mehrere Drüsen befinden; weisse Blüthen in sitzenden Dolden; schwarze oder rothe Früchte mit süssem Saft und rundem Stein ohne scharfe Kanten; gerader, hoher Stamm mit quirlförmig gestellten Aesten; gelbes oder gelblichrothes, fein geadertes, gestreiftes und geflammtes, grobes, glänzendes, ziemlich hartes, schwerspaltiges, festes Holz mit sehr vielen 0·1 *mm* hohen Markstrahlen und deutlichen Jahresringen.

Höhe: bis 18 *m*. Stammdurchmesser: 1·0 *m*.

Vorkommen: in fast ganz Europa. Die Vogelkirsche liebt einen freien Stand und gedeiht auf jedem, nicht zu feuchtem Boden.

Verwendung. Das leicht zu bearbeitende, gut zu polirende, mahagoniartig zu beizende Holz der älteren Stämme wird vorzugsweise zu Tischler- und Drechslerarbeiten und zu musikalischen Instrumenten benutzt.

Abarten: Trauerkirsche, gefülltblühende Kirsche, geschlitztblättrige Kirsche u. s. w.

Noch erwähnenswerth sind:

d) **Traubenkirsche, Apfelkirschbaum, Elexenbaum** (*Prunus padus L.*).

Kennzeichen: eirund-lanzettförmige, spitze, doppeltgesägte Blätter; langgestielte, stark duftende, weisse, in zahlreichen niederhängenden Trauben stehende Blüthen; bräunliche, weissgefleckte Zweige; Höhe bis 5 *m.*

e) **Strauchweichsel** (*Prunus acida Dum.*), mit steifabstehenden Blättern und dünnen, herabhängenden Zweigen.

f) **Allerheiligenkirsche** (*Prunus semperflorens Ehrh.*), welche bis in den Herbst hinein Blüthen trägt.

g) **Zwergkirsche** (*Prunus frutinosa Pall.*).[*]

h) **Virginischer Kirschbaum** (*Prunus virginia*), im südlichen Theile von Nordamerika heimisch; Höhe bis 30 *m*; Holz sehr geschätzt und als Nutzholz vielfach benutzt.

II. Birnbaum.

Der gemeine Birnbaum (*Pyrus communis*) besitzt wild dornspitzige Kurztriebe, cultivirt meistens Triebe ohne Dornen. Die Blätter sind ziemlich langgestreckt, rundlich oder eiförmig, kurz zugespitzt, am Rande scharf gezähnt, gewöhnlich beiderseits kahl, auf der Oberseite glänzend grün, selten graufilzig und eben so lang wie ihr Stiel. Die grossen und weissen Blüthen stehen an den Zweigspitzen in langgestielten Doldentrauben. Die Früchte sind klein, länglich, holzig und sauer und werden bei Frosteinwirkung mürbe (Holz- oder Knötelbirnen). Das Holz ist sehr dicht, mässig hart, schwer, glatt, gut spaltbar, zähe und beim wilden Birnbaum fester und dauerhafter als beim cultivirten. Es besitzt wenig hervortretende, etwas wellenförmig verlaufende Jahresringe und viele 0·3 *mm* hohe Markstrahlen, ein gleichmässig bräunlichrothes, zuweilen geflammtes Kernholz und ein weisses, im Querschnitt rundes Mark von 1—2 *mm* Durchmesser. Die Rinde ist dunkelgefärbt und langrissig.

Höhe: bis 30 *m.* Stammdurchmesser: bis 1·0 *m.*

Vorkommen: in fast ganz Europa, auch im Orient, in wildem oder wenigstens verwildertem Zustande, als Strauch oder als Baum mit pyramidenförmiger Krone. Der Birnbaum steigt bis 1200 *m* Meereshöhe und liebt einen mehr leichten wie nährstoffreichen, tiefgründigen Boden, eine sonnige, freie Lage und ein mässig warmes Klima.

Verwendung. Das Birnbaumholz ist im Freien wenig haltbar und dem Wurmfrass sehr leicht unterworfen, es hält sich aber im Trockenen gut, schwindet und wirft sich wenig, nimmt eine gute Politur an und lässt sich schön schwarz beizen (unechtes Ebenholz). Es ist wegen seines gleichmässigen Gefüges nach allen Richtungen gut zu bearbeiten und glatt zu hobeln. Man benutzt es zur Herstellung von physikalischen Instrumenten, Holzschnitten, Formen für Zeug- und Tapetendruck, Modellen, Reissschienen und anderen Tischler- beziehungsweise Drechslerarbeiten, auch zu Stampfen in Pochwerken, zu Radkämmen u. s. w. Seine Rinde dient zum Gerben und Gelbfärben; aus seinem Samen presst man Oel. Der Birnbaum liefert auch ein gutes Brennholz, dessen Brennwerth etwa vier Fünftel von dem des Rothbuchenholzes beträgt.

Abarten: Holzbirnbaum (*P. pynaster*), Felsenbirnbaum oder Mispel (*P. amelanchier*), herzblätteriger Birnbaum (*P. cordata*) mit sogenannten Blutbirnen [Sanguinen]), ölbaumblätteriger Birnbaum (*P. elaeagnifolia Pall.*) u. s. w.

III. Pflaumenbaum.

Von den vielen Arten sind hervorzuheben:

a) **der Zwetschenbaum** (*Prunus domestica L.*).

Kennzeichen: elliptische, rundliche, kerbig gesägte, anfangs beiderseits behaarte, zuletzt fast kahle Blätter; grünliche Blüthen, welche zu zwei bis drei aus einer Knospe kommen und auf behaarten Stielen sitzen; längliche, violettblaue Früchte; ziemlich sperriger Wuchs; sehr hartes, braunrothes, auch violettes Kernholz und gelblichweiss geadertes und geflammtes Splintholz. Das Holz ist ferner schwerspaltig und besitzt oft versteckte Ring- und Strahlenrisse und sehr viele 0·2 *mm* hohe Markstrahlen; es ist leicht zu tränken, trocknet sehr langsam aus und wird mit der Zeit dunkler und härter.

Höhe: 6—8 *m*. Stammdurchmesser: nach etwa hundert Jahren 30 *cm*.

Vorkommen. Der Zwetschenbaum stammt aus dem Orient (von Turkestan und dem südlichen Altai) und wächst im gemässigten Europa, namentlich in Deutschland, wild; in dem österreichisch-türkischen Grenzgebiet, besonders in den Ländern südlich von der Donau, wird er sehr viel cultivirt. Er gedeiht auf fast jedem, genügend feuchtem und genügend nährstoffreichem Boden und wächst namentlich in Niederungen, steigt aber auch auf Bergen bis 900 *m* Meereshöhe. Im trockenen Erdreich verkümmert er.

Verwendung. Das Zwetschenbaumholz wird namentlich zu feinen Drechslerarbeiten benutzt und zur Herstellung von Möbeln. Es ist theurer als Kirschbaumholz und besitzt als Brennholz fast denselben Brennwerth. Die Früchte liefern ein vorzügliches Obst, und aus den Samenkernen kann man Blausäure und Bittermandelöl gewinnen.

b) **Kriechenbaum, Spilling, Haferschlehe** (*Prunus insiticia L.*).

Kennzeichen: breit-elliptische, beiderseits stark behaarte, kurzgestielte, mattgrüne, gesägte oder doppeltgesägte Blätter; paarweise stehende Blüthen; runde, schwarzblaue, an behaarten Stielen hängende Früchte mit fest am Stein anhaftendem Fleisch; schön buntgescheckte, roth geadertes und gestreiftes, allmälig bräunlicher werdendes, hartes, dichtes und feinjähriges Holz; niedriger, oft dorniger Baum.

Vorkommen: aus dem Orient stammend, in ganz Europa cultivirt (Johannispflaume).

Verwendung: zu Tischler- und Drechslerarbeiten, sowie als Brennholz.

c) **Schwarzdorn, Schlehendorn** (*Prunus spinosa L.*).

Kennzeichen: zahlreiche, einzelne, weisse Blüthen auf kurzen, glatten Stielen, rundliche, blaue, aufrecht stehende Früchte; sperriger Strauch mit theilweise dornigen Zweigen; festes, zähes, bräunliches, gut polirbares Holz.

Vorkommen: in Europa und Asien.

Verwendung: als Nutzholz; die Zweige werden zu den Gradirwerken der Salinen benutzt.

Noch zu erwähnen sind: die Reineklaude (*P. italica Borkh.*), mit tief und meistens doppeltgesägten Blättern, weissen und auf glatten Stielen sitzenden Blüthen, rundlicher, gelblicher, grünlicher oder röthlicher, auch violettblauer Frucht mit grünlichem Fleisch; — die Kirschpflaume (*P. divaricata Ledeb.*), liefert die als Mirabellen bekannten Früchte; — die syrische Pflaume (Damaszene, *P. syriaca Borkh.*) u. s. w.

IV. Apfelbaum (*Pyrus malus L.*).

Kennzeichen: ovale, stumpfgesägte, kurzgespitzte, oberseits kahle, unterseits filzige Blätter; grosse, röthliche (selten fast weisse), langgestielte, zu drei bis sechs in doldenartigen Büscheln stehende Blüthen; kleine, rundliche, abgestutzte, beim verwilderten Apfelbaume herbe oder fade-süsslich schmeckende, beim veredelten sehr wohlschmeckende Früchte; rauhe, sich tafelförmig ablösende, an jüngeren Zweigen herbe und scharfbitter schmeckende Rinde; meistens unregelmässig gebaute Krone mit dornspitzigen Zweigen und weiten Aesten; röthlichweisses, im Kern hellbraunrothes, geflammtes und geadertes, sehr hartes und festes, sehr schwerspaltiges Holz mit feinem, dichtem Gefüge und vielen, 0·5 *mm* hohen Markstrahlen.

Höhe: bis 12 *m*. Alter: bis 100 Jahre.

Vorkommen: wahrscheinlich in Westasien heimisch; in Mittel- und Südeuropa, namentlich in Südrussland häufig als Strauch oder Baum in den Wäldern wild wachsend; in der nördlichen, gemässigten Zone Europas vielfach cultivirt. Der Apfelbaum liebt einen tiefgründigen, nahrhaften, mittelschweren Lehmboden und eine gegen rauhe Winde geschützte Lage; er steigt auf Bergen bis 900 *m* Meereshöhe.

Verwendung. Das eine vorzügliche Politur annehmende, im Trockenen sehr dauerhafte, aber leicht aufreissende und sich stark werfende, sehr glatt und gut zu bearbeitende sowie gut (schwarz) zu beizende Holz wird namentlich zu Tischler-, Drechsler- und Schnitzarbeiten verwendet. Das beste Holz ist das zähe Holz der Stammenden und Wurzeln.

Bemerkung. Vom Apfelbaum giebt es sehr zahlreiche Varietäten, die noch immer vermehrt werden.

§ 133. Verschiedene kleinere Laubbäume und Sträucher.

1. Buchsbaum (*Buxus sempervirens L.*).

Kennzeichen: immergrüne, eirunde, feste Blätter; braune, harte Rinde; schön blassgelbes, ausserordentlich dichtes und ein gleichförmiges Gefüge besitzendes, hartes, festes, feinfaseriges, schön gemasertes, gut zu polirendes und sehr haltbares Holz mit wenig hervortretenden, eng aneinanderliegenden Jahresringen.

Vorkommen: Spanien, Südfrankreich, Griechenland, Italien und im Orient (Persien, Kleinasien u. s. w.).

Verwendung: Das Buchsbaumholz, das schwerste von allen europäischen Hölzern, wird zur Herstellung von Holzschnitten, chirurgischen und optischen Instrumenten, Massstäben, Blasinstrumenten (Pfeifen, Flöten, Hoboen u. s. w.), Messergriffen, Löffeln und Gabeln, Zahnstochern, Dosen, Büchsen, Kolben, Druckwalzen u. s. w. verwendet. Die beste, hauptsächlich zur Herstellung von Holzschnitten benutzte Sorte kommt aus Persien und Kleinasien; das westindische Buchsbaumholz ist etwas dunkler gefärbt.

Abarten: hochstämmiger Buchsbaum (*B. arborescens L.*), mit einem Stamm von 6—10 *m* Höhe und bis 60 *cm* Durchmesser; Zwergbuchsbaum (*B. var. suffruticosa*), nur bis 60 *cm* hoch werdend und hauptsächlich zu Beeteinfassungen dienend.

2. Berberisstrauch, Berberitze, Sauerdorn (*Berberis vulgaris L.*).

Kennzeichen: einfache, meist büschelförmig gestellte, ganze, gewimpertgezähnte oder ganzrandige Blätter; gelbe, in hängenden Trauben stehende

Blüthen; längliche, zwei- bis achtsamige, sehr saure, rothe Beeren; junges Holz lichtgelb, altes das gelbeste aller europäischen Hölzer, oft geflammt, sehr hart, fein, spröde und schön zu poliren; Stamm bis 2 *m* hoch.

Verwendung. Das Holz dient zur Herstellung von kleineren Tischlerarbeiten, Fournieren und eingelegten (Mosaik-) Arbeiten, zu Zahnstochern u. s. w. Der Bast der Wurzel, des Stammes und der Aeste wird zum Gelbfärben benutzt (ungarisches Gelbholz); aus der Wurzel wird Berberin gewonnen; die Beeren werden wie Preisselbeeren (Kronsbeeren) eingemacht und der Saft derselben als Ersatz für Citronensaft benutzt.

3. Bohnenbaum, Hirschholder, Goldregen (*Cytisus laburnum L.*).

Kennzeichen: schöne grüne, unterseits behaarte und seidenglänzende Blätter; grosse, goldgelbe, lang herabhängende Blüthentrauben; bitter schmeckender, giftiger, Cytisin enthaltender Samen; schöngelbes, im Kern dunkelbraunes bis schwarzes, äusserst hartes, schweres, sehr feines und festes, sowie dichtes, gut polirbares Holz (falsches Ebenholz).

Vorkommen: Oberitalien, Schweiz, Oesterreich, Provence u. s. w. Höhe: bis 5 *m*.

Verwendung: zu musikalischen Instrumenten und kleineren Gegenständen, die eine grosse Festigkeit beanspruchen.

4. Cornus.

a) Kornelkirsche, Herlitzenstrauch, Judenkirsche (*Cornus mascula L.*).

Kennzeichen: eirund-zugespitzte, kurzgestielte Blätter; goldgelbe, in kleinen Dolden stehende Blüthen; glänzend hochrothe, angenehm schmeckende Früchte von mehr als 2·5 *cm* Länge; meistens gekrümmter Stamm von 6 bis 8 *m* Höhe und bis 30 *cm* Durchmesser; gelbweisses oder bräunliches, im Kern braunrothes, sehr dichtes und feinfaseriges, äusserst festes, schweres, hartes, schwerspaltiges und dauerhaftes Holz.

Vorkommen: Mitteleuropa.

Verwendung. Aus dem Holz werden Tischler- und Drechslerarbeiten, Radkämme, Walzen, Pressen, musikalische Instrumente, die Räder von Wanduhren u. s. w., aus geraden, jungen Stämmen die bekannten Ziegenhainer Stöcke hergestellt, aus den jungen Blättern wird Thee bereitet und die Rinde zum Gerben benutzt.

b) Grossblüthige Kornelkirsche (*Cornus florida*), auch virginische Hundsbeere genannt.

Kennzeichen: gelbgrünliche Blüthen in grosser, weisser Blüthenhülle; scharlachrothe Früchte; chocoladenfarbiges, schweres, hartes, sehr schön zu polirendes Holz; röthlichgrüne Wurzelrinde, welche Cornin enthält.

Vorkommen: im östlichen Nordamerika. Höhe: bis 12 *m*.

Verwendung. Das Holz wird vorzugsweise zu Drechslerarbeiten, die Rinde der Wurzel als Mittel gegen Fieber benutzt.

c) Hartriegel Hornstrauch (*Cornus sanguienea L.*).

Kennzeichen: Blätter ähnlich der Kornelkirsche geformt; weisse, in Trugdolden stehende Blüthen; schwarze, runde, erbsengrosse Steinfrüchte mit schlecht schmeckendem Fleisch; im Herbst und Winter blutrothe Aeste; grünlichgelbes, im Kern fleischrothes, sehr schweres, äusserst schwerspaltiges Holz. — Vorkommen: Europa.

Verwendung: zu Drechslerarbeiten, Peitschenstielen, Pfeifenrohren.

5. Hagedorn, Weissdorn, Mehlbeerstrauch (*Crataegus oxyacantha* und *C. monogyna L.*); beide Arten in Europa verbreitet.

Kennzeichen: keilförmig-verkehrt-eirunde Blätter; drei-, selten fünflappige, kahle Blüthenstiele; weisses, hartes, sehr zähes, feinfaseriges, bei älteren Stämmen gelbliches und braun oder röthlich geadertes, schön zu polirendes und zu beizendes Holz von sehr grosser Festigkeit, die nur von wenigen Hölzern übertroffen wird.

Verwendung: zu Maschinentheilen, Drechslerarbeiten, Hammerstielen, Hebbäumen u. s. w.; die jungen Triebe zu Spazierstöcken; das Reisig zu Gradirhäusern der Salinen.

6. Eberesche.

Mit vielen Untergattungen, von denen hauptsächlich die beiden folgenden für die Technik in Betracht kommen:

a) Gemeine Eberesche, Vogelbeerbaum, Eibische (*Sorbus aucuparia L.*).

Kennzeichen: unpaarig gefiederte, zu 11—15 an einem Hauptstiel sitzende, ungleiche und am Grunde ganzrandige, sonst doppeltgesägte, unterseits wollig behaarte Blätter; weisse Blüthen in zusammengesetzten, rispigen Doldentrauben; glatte, kugelförmige, erbsengrosse, im Herbste scharlachrothe Früchte (zum Anlocken und Fangen von Drosseln und anderen Vögeln benutzt); röthlichweisses, im Kern rothbraunes, nach dem Mark zu oft dunkel geflammtes, fein- und langfaseriges, eigenthümlich riechendes, mittelhartes, schweres, zähes Holz.

Höhe: bis 20 *m*. Stammdurchmesser: bis 60 *cm*.

Vorkommen: in fast ganz Europa und in Nordasien.

Verwendung. Das im Freien und in der Nässe wenig haltbare Holz lässt sich leicht bearbeiten und gut poliren und wird vorzugsweise zu Tischler-, Drechsler- und Stellmacherarbeiten benutzt. Die Frucht verwendet man zur Bereitung von Branntwein und Essig, die Wurzel u. a. als Mittel zur Verzögerung des Erhärtens von Gypsbrei. (Vergl. § 201.)

b) Atlasbeerbaum, Elsebeerbaum (*Sorbus torminalia L.*).

Kennzeichen: nicht gefiederte, grosse, langgestielte, tief und ungleich gelappte, ungleich scharf gesägte, unbehaarte Blätter; weisse, in filzigen Doldentrauben stehende Blüthen; ellipsoidische, 15 *mm* lange, im Herbst graubraune und weisspunktirte, unbehaarte, wohlschmeckende Früchte; im Splint gelbliches, im Kern röthliches oder rothbraunes, vielfach geadertes und geflammtes, festes, hartes, feines, gleichförmig dichtes Holz.

Höhe: bis 20 *m*. Stammdurchmesser: bis 50 *cm*.

Vorkommen: in Mitteleuropa (bis nördlich zum Harz).

Verwendung. Das politurfähige, schön glatt und gut bearbeitbare, sich nicht leicht werfende und dauerhafte Holz findet als Werkholz, namentlich für Tischlerarbeiten, Verwendung.

7. Gemeiner, spanischer, türkischer Flieder, türkischer Holunder (*Syringa vulgaris L.*).

Kennzeichen: herzförmige, eirunde Blätter; röthliche, blaue oder weisse Blüthen; gelbliches oder grauweisses, bei alten Sträuchern schön rothgeflammtes, an der Wurzel gemasertes, mittelhartes, schweres, zähes und festes Holz.

Vorkommen: in Ost- und Mitteleuropa und im gemässigten Asien. — Zahlreiche Varietäten.

Verwendung: bei dickerem Stammdurchmesser zu eingelegten Arbeiten und zu Drechslerarbeiten.

8. Holunder, Holder, Flieder (*Sambucus nigra L.*).

Kennzeichen: zweipaarig gefiederte, gegenständige, eirunde, lang zugespitzte, ungleich gesägte Blätter; weisse oder gelblichweisse, in flachen, zusammengesetzten Doldenrispen stehende, stark duftende Blüthen; schwarzviolette, süsssäuerlich schmeckende, ätherisches Oel enthaltende, drei- bis fünfsamige Beerenfrüchte; weisses, stark entwickeltes Mark; sehr hartes, schön gelbes, feines, dichtes, zähes, festes, an der Wurzel schön gemasertes Holz.

Vorkommen: fast in ganz Europa.

Verwendung. Das Holz wird zu kleineren Gegenständen, das Mark zur Anfertigung von Spielsachen, von Kügelchen und Figuren zu elektrischen Experimenten, zum Einklemmen und Festhalten kleiner Gegenstände u. s. w., die Blüthen zur Bereitung eines schweisstreibenden Thees, die Beeren als Farbstoff für Speisen und Wein, sowie als urin- und schweisstreibendes Mittel benutzt.

9. Haselnussbaum, Hasel (*Corylus avellana L.*).

Kennzeichen: kurzgestielte, rundliche bis länglich-verkehrt-eiförmige, am Grunde herzförmige Blätter; offene, glockenförmige Fruchthülle; essbarer Samen; graue, in der Jugend drüsig-rauhhaarige Zweige; zähes, biegsames, ledergelbes Holz.

Vorkommen: in ganz Europa, Nordamerika und im nördlichen Orient.

Verwendung. Das dem Weissbuchenholze ähnelnde, geringe Dauerhaftigkeit besitzende Holz wird als Bandholz, zu Reifen und Flechtwerk, Rechenstielen, Spazierstöcken u. s. w. sowie als Brennholz verwendet. Das Wurzelholz lässt sich gut biegen und nimmt eine schöne Politur an.

10. Kreuzdorn, Wegedorn (*Rhamnus cathartica L.*).

Kennzeichen: eirund-lanzettförmige, gezähnte, gegenständige Blätter; gelbgrüne, gebüschelte Blüthen; schwarze, erbsengrosse Beeren; dornspitzige Zweige; weisses oder gelbliches, im Kern braunrothes, feines, dichtes, zähes, festes, sehr hartes Holz von schönem, seidenartigem Ansehen und mit schön gemaserter Wurzel.

Vorkommen: im grössten Theile von Europa.

Verwendung. Das dauerhafte, leicht und glatt spaltbare, beim Poliren eine sehr schöne Farbe annehmende Holz wird zu eingelegten Arbeiten, Schuhstiften u. s. w., die Kohle zur Bereitung von Schiesspulver, die Rinde zum Gelb- und Braunfärben, das Reisig zu Gradirhäusern der Salinen benutzt. Die Blätter und Wurzeln dienen zum Gerben, und aus den Beeren wird Saftgrün oder Schüttgelb bereitet.

Abart: Faulbaum, Pulverholz (*Rhamus frangula L.*); die Kohle dient zur Pulverfabrikation.

11. Liguster, Rainweide, spanische Weide (*Ligustrum vulgare*).

Kennzeichen: eirund-lanzettförmige, glatte, abfallende Blätter; weisse, selten hellgelbe, starkriechende, rispige Blüthen; schwarze, selten weisse, gelbe oder graue, erbsengrosse, bittere Beeren (sogenannte Hundsbeeren); weissliches, im Kern violettbraunes, sehr hartes und zähes Holz.

Höhe des Strauches: 1·5—2·5 *m.*

Vorkommen: hauptsächlich in der nördlichen gemässigten Zone.

Verwendung: Das Holz älterer Stämme wird seiner Feinheit wegen rn zu feinen Schnitzereien und kleinen Drechslerarbeiten, auch zur Her-llung von Schumacherstiften u. s. w. benutzt. Die Beeren dienen zum th-, Blau- und Schwarzfärben. Die Kohle findet zum Zeichnen und als iwarzer Farbstoff Verwendung.

12. Mispel (*Mespilus germanica L.*).

Kennzeichen: oberseits dunkelgrüne, unterseits filzig-beharrte Blätter; zelne, ziemlich grosse, weisse Blüthen; kurz- und langgestielte Apfelfrüchte; g- und feinfaseriges, weisses oder weisslich-gelbes, im Kern bräunliches, r zähes und bei geradem Wuchs leicht zu hobelndes Holz.

Vorkommen: in Süddeutschland und in der Südschweiz.

Verwendung: zu Drechslerarbeiten und im Mühlenbau.

13. Spindelbaum, Spillbaum, Pfaffenhütchen u. s. w. (*Evonymus opaea L.*).

Kennzeichen: längliche Blätter; carminrothe, vierkantige Kapselfrüchte affenhütchen) mit weissem Samen; vierkantige, fast glatte Aeste; sehr festes, ies, feinfaseriges, gelbliches, dem Buchsbaumholz ähnelndes, jedoch weicheres d weniger sprödes Holz.

Vorkommen: in fast ganz Europa. Höhe: bis 6 *m* (Strauch).

Verwendung: Das nicht leicht reissende und springende, schön spalt-re und leicht zu schneidende, jedoch wenig haltbare Holz findet besonders eingelegten Arbeiten, zu Drechslerarbeiten, zur Herstellung von Zahn-chern und zu feinen Schnitzarbeiten Verwendung. Die Kohle wird zum ichnen und zur Bereitung von Schiesspulver benutzt.

14. Stechpalme, Stecheiche (*Ilex aequifolium*).

Kennzeichen: harte, glänzende, immergrüne Blätter mit stechenden itzen und Zähnen; weisse Blüthen; erbsengrosse, scharlachrothe Früchte; blichweisses, leicht hellbraun werdendes, feinfaseriges, dichtes, sehr hartes d sehr zähes Holz.

Vorkommen: hauptsächlich in den Küstenländern Mitteleuropas (von mmern bis Portugal), auch in Amerika und Japan.

Verwendung: Das nach dem Trocknen eine schöne Politur annehmende olz wird zu Fournieren und Drechslerarbeiten, die Rinde zur Bereitung von gelleim benutzt.

15. Götterbaum (*Ailantus glandulosa Desf.*)

Kennzeichen: unpaarig gefiederte Blätter mit wechselständigen, ei-rmigen bis länglichen, am Grunde herzförmigen, zugespitzten, ganzrandigen ler buchtig gezähnten, unterseits blassgrünen Fiedern; gelblichweisse, lunderähnlich riechende Blüthen in reichverzweigten Rispen und am Ende der veige stehend; messingglänzendes, sehr schöne Politur annehmendes Holz.

Vorkommen: hauptsächlich in Japan, China und Ostindien heimisch, doch in Europa vielfach cultivirt.

Verwendung: Das Holz ist ein sehr geschätztes Tischlerholz. Der um selbst wird mit Vortheil auf Flugsand angepflanzt, um diesen zu festigen. Die weisse Wurzelrinde soll ein gutes Heilmittel gegen Brech-rchfall sein.

16. Zürgelbaum oder Zürgelstrauch (*Celtis*).

Von diesem Baum oder Strauch giebt es im heissen und gemässigten Klima etwa 50 Arten. Die beiden wichtigsten sind:

a) *Celtis australis L.*

Kennzeichen: länglich-eiförmige, ganze, am Grunde schiefe, oben zugespitzte, unterseits kurzbehaarte Blätter; einzelne oder gebüschelt stehende Blüthen; in reifem Zustande schwarze, süsse, wohlschmeckende, einsamige, beerenförmige Steinfrüchte; äusserst zähes, sehr dichtes, schweres, festes, sehr biegsames, weissliches oder bräunliches, auch schwärzliches Holz.

Vorkommen: in Südeuropa heimisch, in Deutschland an geschützten Orten gut fortkommend. Höhe bis 12 *m.*

Verwendung: Das gut zu bearbeitende, sauber zu polirende, feinfaserige Holz (Triester Holz genannt), welches von allen Hölzern das zäheste ist und von keinem Wurm angegangen wird, lässt sich zu allerlei Hausgeräthen, Rudern, Peitschenstielen, Ladestöcken, Blasinstrumenten, Wagendeichseln, Spazierstöcken, Bildhauerarbeiten u. s. w. verwenden. Die schwarzen Wurzeln dienen zur Herstellung von Messergriffen. Aus dem Samen wird Oel gepresst. Der Baum selbst wird auf terrassirten und bewässerten Abhängen zum Schutze gegen Abrutschen vielfach angepflanzt.

b) *Celtis occidentalis L.*

Kennzeichen: oberseits etwas rauhe, unterseits in den Aderwinkeln kurzbehaarte Blätter; ein- bis dreiblüthige kleine Trugdolden.

Vorkommen: Nordamerika.

Verwendung: vorzugsweise zu Stellmacherarbeiten.

17. Olivenbaum, Oelbaum.

Von den vielen Arten sind hervorzuheben:

a) Echter oder gemeiner Oelbaum (*Olea europaea L.*).

Kennzeichen: lanzettförmige, immergrüne, lederartige, oberseits dunkelgrüne, unterseits weissgraue, den Weidenblättern ähnliche Blätter; ölreiche, länglichrunde, schwammiges Fleisch besitzende Steinfrüchte; graubräunliche Rinde; glatte, grauweissliche Aeste; sehr festes, schweres, wohlriechendes, grünlichgelbes, braunroth oder schwarz geadertes und geflammtes, an der Wurzel vorzüglich gemasertes und in den Zeichnungen dem Florentiner Marmor ähnelndes Holz.

Höhe: in wildem Zustande gering (Strauch), cultivirt bis 14 *m.* Stammdurchmesser: bis 1 *m.*

Vorkommen: wahrscheinlich aus Asien stammend, in Südeuropa und Nordafrika überall angepflanzt. Der echte Oelbaum liebt einen kalkigen Boden und die Nähe des Meeres.

Verwendung. Das sehr dauerhafte, nicht wurmstichig werdende, schön zu polirende, schön gezeichnete Holz wird hauptsächlich zu Drechsler- und Kunsttischlerarbeiten benutzt; aus den Früchten gewinnt man das vielfach verwendete Olivenöl.

b) Amerikanischer Oelbaum (*Olea americana Mich.*) mit schönen wohlriechenden Blüthen und essbaren Früchten. Sein sehr hartes Holz (*Devilwood*) wird in Amerika vorzugsweise zu Drechslerarbeiten verwendet. Heimat: Florida und Carolina.

c) Rother Oelbaum in Brasilien heimisch, liefert sehr dauerhaftes, schön rothgefärbtes Nutzholz.

d) Wohlriechender Oelbaum (*Olea fragrans Thb.*), mit immergrünen, schön duftenden Blättern, welche zum Parfümiren des Thees benutzt werden. Heimat: China, Kotschinchina und Japan. Höhe: bis 2 *m*.

e) Capischer Oelbaum, vom Cap der guten Hoffnung, mit schön geflammtem Wurzelholz. Das Holz kommt in 35 *cm* breiten Brettern in Europa in den Handel.

f) Ostindischer Oelbaum (*Bassia longifolia L.*), in Ostindien heimisch, liefert ein sehr hartes und sehr haltbares Nutzholz.

g) Wilder Oelbaum, falscher oder böhmischer Oelbaum, Oleaster, Paradiesbaum (*Elaeagnus angustifolia L.*), in Südeuropa heimisch, mit citronenartig riechenden, gelben Blüthen, länglichen, silbergrauen, essbaren Früchten, lanzettförmigen, unterseits silbergrauen Blättern. Das Holz wird zu Drechslerarbeiten und zum Braunfärben benutzt. Höhe: bis 5 *m*. — u. s. w.

18. Bruyèreholz, das Wurzelholz der Baumheide (*Erica arborea L.*), eines im Mittelmeergebiet wachsenden, 2—3 *m* hohen Strauches mit sehr schmalen Blättern, weissen oder fleischfarbenen Glockenblüthen, dicht filzigen Zweigen und fleisch- bis ziegelrothem, hartem, wegen seines hohen Kieselsäuregehaltes schwer verbrennlichem und wegen seines Maserwuchses nicht springendem Holz.

Verwendung. Das Wurzelholz der Baumheide wird zu feinen Drechsler- und Schnitzereiarbeiten, namentlich aber zur Herstellung von Tabakspfeifen verwendet. Das Holz kommt hauptsächlich von Spanien, Südfrankreich und Corsika aus in den Handel.

§. 134. Exotische Laubhölzer.

1. Agatholz.

Diese Bezeichnung führt ein aus Guinea in den Handel kommendes Rothholz. Das sehr harte, dichte, feine, dunkelrothe und dem Mahagoni ähnliche Holz findet zu musikalischen Instrumenten und Luxussachen Verwendung.

2. Amarantholz, Purpurholz, Luftholz, Violettholz, blaues Ebenholz.

Mit diesen Namen bezeichnet man das Holz des in Westindien und Südamerika (namentlich Brasilien) wachsenden Baumes *Copaïfera bracteata Benth.*, welcher sich durch eine pfirsichblüthenrothe bis schwarzrothe Krone auszeichnet. Das Amarantholz zeigt im Kern auf frischem Schnitt eine röthlichgraue Farbe, wird aber an der Luft allmälig dunkelblutroth mit einem Stich in's Violette; sein Splint zeigt die gewöhnliche helle Holzfarbe. Markstrahlen, Parenchymzellen, mitunter auch die Gefässe enthalten ein blutrothes Harz, und es zeigen die Zellwände die Farbe der Pfirsichblüthe. Das Holz ist schwer, mittelhart, gut spaltbar, sehr biegsam und besitzt ein feines, gleichmässiges, etwas poröses Gefüge. Polirt wird es rothbraun und dem Palisander, sowie dem Mahagoniholze, mit denen es oft verwechselt wird, ähnlich. Erkennungszeichen: in kochendes Wasser gelegt, färbt es dasselbe nicht; mit Salmiakgeist behandelt wird es schmutziggrün.

Verwendung: zu feinen Kunsttischlerarbeiten und Mosaiken; in Frankreich stellt man aus ihm kostbare Möbel her.

3. Ambraholz, gelbes und weisses Sandelholz (Santelholz), Citrinholz u. s. w.

Echtes **gelbes** Sandelholz ist das Kernholz von *Santalum album* (Ostindien, Malabar, Java, Timor u. s. w.) oder *S. freycinetianum*, *S. paniculatum*, *S. persicarium*, *S. lanceolatum* u. s. w., welche auf den Südseeinseln (Sandwichsinseln) heimisch sind. Von der Insel Timor werden allein jährlich etwa eine halbe Million Kilogramme gelben Sandelholzes versandt. Alle diese Bäume sind mässig hoch, werden etwa bis 1 *m* dick und besitzen einen weissen und geruchlosen Splint. Ihr Kernholz ist hell- oder dunkelgelb, mitunter roth geadert, sowie mittelhart, mittelschwer, ausserordentlich feinfaserig, wohlriechend, politurfähig und gut bearbeitbar. Der beim Zerschneiden des Ambraholzes sich verbreitende rosenartige Geruch ist beim dunkelgefärbten Holze stärker als beim hellgefärbten.

Verwendung: zu Schnitzarbeiten aller Art, Fournieren werthvoller Kunsttischlerarbeiten u. s. w. In China und Arabien benutzt man das Holz als Räuchermittel, in Indien zur Herstellung buddhistischer Götterbilder.

Das **weisse** Sandelholz ist entweder das Splintholz des ostindischen Baumes *Santalum album* oder stammt von *Santalum myrtifolium*. Das Holz des letzteren Baumes hat Aehnlichkeit mit dem Kastanienholz, besitzt aber ein feineres Gefüge und eine grössere Härte, auch lässt es sich besser poliren; seine Farbe ist gelblich weiss. Auch aus Westindien kommt ein hartes und schweres, weisses Sandelholz in den Handel, welches von Rutaceen Venezuela's stammt und beim Erwärmen und Reiben angenehm riecht. Man benutzt es zur Bereitung von Parfümerien und das aus ihm gewonnene Oel in der Arzneikunde.

Erwähnenswerth ist auch das **blaue** Sandelholz, auch Griesholz genannt, welches von der in Mexiko wachsenden *Guilandia moringa L.* stammen soll und hauptsächlich in der Medizin Verwendung findet.

Das **rothe** Sandelholz oder Brasilienholz ist unter Nr. 7 aufgeführt.

Falsches Sandelholz ist das Kernholz von der auf den griechischen Inseln heimischen *Planera abelica;* es ähnelt unserem Ulmenholz, ist gewürzhaft und wohlriechend.

4. Atlasholz, Seidenholz, Satinholz, Ferolienholz.

Den Namen Atlas- oder Seidenholz führen mehrere Holzarten, welche polirt einen seidenartigen Glanz besitzen; hauptsächlich aber bezeichnet man hiermit das Holz der auf den Antillen und in Brasilien u. s. w. wachsenden *Ferolia guianensis* und von der in Ostindien heimischen *Chloroxylon swietenia D. C.*

Das Holz dieser Bäume ist sehr dicht, schwer, hart, stark atlasglänzend, (in Folge der zwischen den Fasern liegenden glänzenden Harztheilchen), sehr gut bearbeitbar, politurfähig und dem Nussbaumholz ähnlich. Es besitzt sehr schmale Jahresringe, eine kanariengelbe oder hellgelbe Farbe, seltener eine purpurrothe mit wellig verlaufenden braunen Adern, auch eine kastanienbraune und fast ohne Adern und endlich eine hellbraune mit schwarzen Adern.

Verwendung: zu Prachtmöbeln (besonders in England), zu eingelegten Arbeiten u. s. w.

Noch zu erwähnen ist:

Das Atlascedernholz von *Cedrus atlantica Manetti*, welches aus Algerien versandt wird und eine rothe Farbe besitzt, sehr feinfaserig, mittelschwer und wohlriechend ist, sich gut bearbeiten, leicht biegen und schön

poliren lässt und dem Wurmfrass nicht unterworfen ist. Man verwendet es hauptsächlich in der Kunsttischlerei. (Vergl. § 139, 2).

5. Bitterholz, Quassienholz, Fliegenholz.

Man unterscheidet zwei Arten, nämlich:

a) das echte oder surinamische Quassienholz von *Quassia amara L.* oder *Quassia simaruba*, einem hohen, in Surinam und einigen anderen Gegenden Südamerikas heimischen Strauch. Das Holz ist leicht, weich, concentrisch geschichtet, gut spaltbar, im Splint hellgelb, im Kern grünbraun und besitzt einen starken, rein bitteren Geschmack. Man bringt es in Knüppeln oder geraspelt in den Handel und verwendet es als Arzneimittel, Fliegengift, bedauerlicherweise auch als Hopfensurrogat.

b) das jamaikanische oder dicke Quassienholz von *Simaruba excelsa D. C.*, das dem vorigen ähnlich ist und in gleicher Weise benutzt wird. Heimat: Jamaika.

6. Blau-, Blut-, Kampeche- oder Jamaikaholz.

Mit diesen verschiedenen Namen wird das Kernholz von *Haematoxylon campechianum L.* bezeichnet, einem ziemlich dicken, dornigen, in der Kampeche- und Hondurasbai heimischen, auf Cuba, Jamaika und Haïti cultivirten, 5—16 *m* hohen Baum mit silbergrauem oder weissem Splintholz. Das lebhaft blutrothe, allmälige schwärzlich werdende, grobfaserige, sehr schwere und harte Holz riecht frisch geschnitten schwach nach Veilchen und wird bei Behandlung mit Ammoniak schwarzviolett. Es besitzt eine grosse Festigkeit, lässt sich schön poliren, wird nicht wurmstichig, hat aber in feuchter Luft keine lange Dauer. Das Blauholz enthält einen braunrothen Gerbstoff und einen blutrothen Farbstoff (*Haematoxylin*); letzterer wird durch Behandlung des zerschnittenen oder zerkeilten und dann geraspelten oder gemahlenen Holzes mit siedendem Wasser gewonnen und dient zum Blau-, Violett-, Grau- und Schwarzfärben von Wolle und Leder. Man verwendet auch den Blauholzextract in der Tintenfabrikation und als Desinfectionsmittel für Wunden.

Das Blauholz kommt in grossen, splintfreien, aussen blauschwarzen, innen rothbraunen Blöcken in den Handel und ist ein kostbares Holz, welches zu feinen Tischler- und Drechslerarbeiten verwendet wird. Man unterscheidet: spanisches Blauholz (wird in einseitig zugespitzten Blöcken versandt und stammt hauptsächlich aus Yucatan), englisches und Antillen- (Jamaika-, St. Domingo- u. s. w.) Blauholz; letzteres besitzt einen geringen Werth.

7. Brasilienholz, Fernambukholz (rothes Sandelholz u. s. w.).

Man unterscheidet:

a) echtes Fernambukholz von der in Brasilien heimischen *Caesalpina crista*; kommt von Fernambuko aus in den Handel. Dieses Holz ist innen gelbroth und meist geadert, aussen roth; an der Luft wird es allmälig dunkler, jedoch nicht schwarz. Es ist schwerer wie Wasser, mittelhart, sehr fest und sehr politurfähig. Man gewinnt aus ihm einen gelbrothen Farbstoff und ein stark ätherisches Oel.

Als beste Sorte gilt das grau- oder olivenartig geaderte und wellenförmig schattirte Holz.

Verwendung: zu Möbeln, Fournieren, Kegelkugeln u. s. w., ferner als Farbholz für Wolle und Seide (färbt wenig, echt orangeroth bis roth), sodann in der Tintenfabrikation und endlich zur Bereitung von Kugel- oder Rothholzlack.

b) Allerheiligenholz, Lamourer- oder Liamoner-Brasilienholz von *Caesalpina brasiliensis*, aus Brasilien stammend. Das Holz besitzt eine tiefrothe Farbe, die an der Luft nachdunkelt, ist sehr fest, schwer und gut bearbeitbar. Farb- und Nutzholz.

c) St. Marthenholz, Nicaragua- oder Limaholz, Rothholz von *Caesalpina echinata*; wird von der Antilleninsel St. Martha aus versandt. Das Holz hat eine schmutzig-dunkelrothe Farbe, eine meist tiefgefurchte Rinde und gefurchten Splint und ist reich an Farbstoff. Hauptsächlich wird es zum Färben benutzt.

d) Brasiletholz, Bahamaholz von *Caesalpina vesicaria*; von den Antillen in den Handel kommend. Das röthliche, harte, splintreiche, oft gewundene, feine Politur annehmende Holz gilt als das schlechteste aller Brasilienhölzer.

e) Sappan- oder Japanholz, ostindisches Rothholz, rothes Sandelholz von *Caesalpina sappan* und ***Pterocarpus santalinus;*** kommt von Siam, China, Java, Ceylon u. s. w. als sogenanntes Kaliaturholz in den Handel. Das Holz ist im Splint weiss, im Kern lebhaft roth gefärbt, ärmer an Farbstoff wie die vorigen Hölzer, aber schwerer und feiner; es wird an der Luft allmälig bräunlichroth bis schwärzlich-braunroth und enthält 14—16% Farbstoff; mit Ammoniak behandelt, nimmt es eine dunkelrothe Farbe an. Man unterscheidet:

Siam-Sappan, scharlachroth; beste Sorte;
Bima-Sappan, hochroth; Mittelsorte;
Java- und China-Sappan; desgleichen;
Padang-Sappan, schlechteste Sorte.

Verwendung: in der Kunsttischlerei, zur Bereitung von farbigen Lacken und Polituren, zum Färben von Wolle und Baumwolle u. s. w. Das Sappanholz lässt sich sehr gut bearbeiten.

f) Gelbes Brasilienholz, Gelbholz, alter Fustik vom Färbermaulbeerbaum (***Morus tinctoria*** oder ***Maclura aurantiaca***). Dieses aus Westindien und Südamerika stammende Holz findet hauptsächlich in der Färberei, aber auch zur Herstellung von Luxussachen Verwendung; es färbt vorzüglich hellgelb.

g) Weisses Brasilienholz. Man versteht hierunter das Splintholz des Sappanbaumes.

h) Unechtes Brasilienholz von ***Comocladia aculeata*** und ***Trichila spondioïdes***. Heimat: Antilleninseln und Ostindien.

Verwendung: Als Farbholz (färbt schmutzigroth).

8. Cedertanne, spanische Ceder, Cedrobaum.

Man unterscheidet mehrere Arten, von denen für die Technik in Betracht kommen:

a) Die wohlriechende Ceder oder Jamaikaceder (*Cedrela odorata*), mit immergrünen, paarig gefiederten, schlecht riechenden und bitter schmeckenden Blättern, traubenartig angeordneten, sehr kleinen, glockenförmigen, weissen Blüthen, fünffächeriger, mehrsamiger Kapselfrucht und wohlriechendem, bitter schmeckendem, hellbraunem oder rothem, leichtem, gut spaltbarem Holz mit breiten, hellen Jahresringen und erfüllt mit braunem Harz.

Höhe: bis 25 *m*. Vorkommen: in Südamerika und Ostindien.

Verwendung: zu Hausgeräthen, Cigarren- und Zuckerkisten, Bleistiftfassungen u. s. w.; auch zu Möbeln, weil das Holz nicht wurmstichig wird.

Die Indianer stellen aus den stärkeren Stämmen durch Aushöhlen derselben leichte Kähne (sogenannte Piroguen) her, welche bis 50 Personen fassen können. Die Blüthen dienen als Mittel gegen Krämpfe. (Vergl. auch Nr. 15.)

b) Die ostindische Ceder (*Cedrela Toana Roxb.*), mit mahagoniartigem, leichtem Holz und wohlriechender Rinde. Heimat: Ostindien. Das Holz wird zu Cigarrenkisten und Bleistiftfassungen, die Rinde als Fiebermittel verwendet.

c) Die fieberwidrige Ceder (*Cedrela febrifuga*); der vorigen ähnlich; Verwendung dieselbe. Die Rinde (China von Ostindien, China von Giava, Cedrelarinde, Surenrinde) wird in der Arzneikunde auch als Mittel gegen Diarrhöen benutzt.

d) Die brasilianische Ceder (*Cedrela brasiliensis*); Heimat: Brasilien. Verwendung: zu Cigarren- und Zuckerkisten, sowie zu Bleistiftfassungen.

e) Die Bergceder (*Cedrela montana Karst*). Heimat: Caracas. Verwendung: dieselbe.

Bemerkung: Nicht zu verwechseln ist das Holz der verschiedenen Cedrela-Arten mit dem echten Cedernholz; letzteres ist im § 139 beschrieben.

9. Ebenholz (*Ebena lignum*).

Mit diesem Namen bezeichnet man verschiedene exotische, äusserst harte und dichte, mehr oder weniger schwere, schwarze, werthvolle Hölzer.

Hauptsächlich unterscheidet man folgende Arten:

a) Echtes oder schwarzes Ebenholz oder indisches, Bombay-, Ceylon-, Siam-Ebenholz. Dieses Holz stammt von *Diospyros-* (Dattelpflaumenbaum-) und *Mala*-Arten, namentlich von *Diospyros ebenum Retz.*, einem auf Ceylon u. s. w. wachsenden, bis 12 *m* hohen Baum mit eiförmigen, lederartigen Blättern, weissen Blüthen, graubraunen olivenartigen Früchten und dunkelschwarzer Rinde, ferner von *Diospyros ebenaster Retz.* und *Diospyros melanoxylon Roxb.*, die beide in Indien und auf den indischen Inseln heimisch sind. Diese drei Bäume liefern die beste Sorte Ebenholz, ein sehr feines, äusserst hartes, etwas brüchiges, tiefschwarzes Holz, welches schwerer ist wie Wasser, kaum sichtbare Jahresringe besitzt, eine vorzügliche Politur annimmt und beim Verbrennen einen Wohlgeruch verbreitet. Das Splintholz dieser Diospyros-Arten ist weiss und also nur das Kernholz schwarz. Bei 15 *cm* starken Stämmen ist der Kern etwa auf 5 *cm* Dicke schwarz, alte Bäume dagegen besitzen nur einen fingerbreiten weissen Splint, der vor dem Versandt des Holzes sorgfältig abgetrennt wird.

Diesem edelsten Ebenholz kommt das Manila-Ebenholz von *Diospyros Mabalo Wild.* an Güte ziemlich nahe; es wird von den Philippinen aus in den Handel gebracht. Auch das Kernholz von *Diospyros Blancoï* und *Mala ebenus* besitzt einen hohen Werth. Ferner unterscheidet man im Handel:

Ebenholz von Madagaskar, blauschwarz und mit feinem Gefüge; in Stämmen von 1—2 *m* Länge und 10—40 *cm* Durchmesser zum Versandt kommend;

Ceylon-Ebenholz, dem madagassischen ähnlich, aber zäher; in Stämmen von 4—6 *m* Länge und 15—40 *cm* Durchmesser versandt;

Sansibar- oder afrikanisches Ebenholz, leichter, weniger fest, minderwerthig; in Stämmen von 0·3—1 *m* Länge und 10—20 *cm* Durchmesser im Handel vorkommend;

Mangkassar-Ebenholz, braunschwarz mit grauen Streifen und mit gröberem Gefüge;

Kamerun- u. s. w. Ebenholz, grauschwarz; in Stämmen von 10—15 *cm* Durchmesser versandt;

Gabuon-, Old Calabar- und Lagos-Ebenholz von *Diospyros Dendo*;

Mauritius-Ebenholz von *Diospyros reticulata* und *D. tesselaria*; u. s. w.

Verwendung: Das echte Ebenholz gilt als das kostbarste Möbelholz und als ein vorzügliches Drechslerholz; man benutzt es namentlich zu Mosaik- und eingelegen Arbeiten, Fournieren, Claviaturen, Flöten und anderen musikalischen Instrumenten, Messergriffen, Handgriffen für Metallgefässe, Spazier- und Schirmstöcken, Pfeifenröhren u. s. w. — Das Auslegen von Kunsttischler-Gegenständen mit Ebenholz nennt man Ebeniren, den Kunsttischler selbst Ebenist.

b) Buntes Ebenholz, und zwar:

weisses Ebenholz *Diospyros melanida* u. s. w., welches von Mauritius und den Philippinen bezogen wird;

Kalamander- oder Koromandel-Ebenholz von *Diospyros hirsuta*, buntgestreift, von Ceylon stammend;

Camagoor-Ebenholz von *Diospyros canomoi*;

grünes oder ostindisches Ebenholz von *Diospyros ebenus* und *Diospyros chloroxylon*;

grünes italienisches Ebenholz von *Diospyros lotus*;

Greenhart-Ebenholz oder Bastard-Guajakholz, ein sehr hartes und dauerhaftes, nicht dem Wurmfrass unterworfenes, gut bearbeitbares, schwarzbraunes bis schwärzliches Holz mit grünem Anflug, das aus Surinam und Westindien bezogen und besonders zu Schiffswänden und Tischlerarbeiten benutzt wird;

rothes Ebenholz von *Diospyros rubra (Mauritius)* oder *Ebenum cretica*. Das Holz des letzteren Baumes hat eine schöne rothbraune Farbe und ist dunkelgeflammt oder dunkelgestreift, sehr fein, gleichförmig dicht, sehr hart und schwer, jedoch ziemlich spröde (vergl. auch Grenadillholz);

Rebhuhn-, Tiger-, Leopard- oder Schlangen-Ebenholz von *Piratinera guianensis* (Südamerika);

gestreiftes oder marmorirtes Ebenholz von *Diospyros montana* oder *Diospyros leucomelas*, schwarz mit weissen Flecken und Streifen;

grünlichbraunes oder amerikanisches (westindisches) Ebenholz, auch schwarzes Grenadillholz genannt, von *Brya ebenus*;

australisches Ebenholz von *Acacia melanoxylon*;

blaues Ebenholz, aus Guyana stammend, frisch geschnitten grün, an der Luft nach und nach violett werdend, häufig auch buntgeadert; besitzt wenig Haltbarkeit. (Vergl. auch Nr. 2, Amarantholz.) — U. s. w.

c) Falsches Ebenholz.

Hierunter versteht man das Stammholz des Bohnenbaumes oder Goldregens (*Laburnum vulgare Grieseb.* oder *Cytisus laburnum L.*), der in Südeuropa heimisch ist.

d) Künstliches Ebenholz.

Dasselbe wird aus sehr hartem, billigerem Holz (z. B. Birn-, Pflaumen-, Hainbuchenholz, auch Eichen-, Nussbaum-, Buchsbaumholz) durch Beizen erzeugt. Zu diesem Zwecke wird das Holz glatt gehobelt, mit Bimsstein und

hierauf mit Schachtelhalmen abgeschliffen, sodann mit einer Beize aus Kampeche-Absud, schwarzen Galläpfeln, gebranntem Eisenvitriol, Grünspankrystallen, arabischem Gummi u. s. w. behandelt und endlich nach dem Trocknen derselben mit Wachsleinwand oder Zwiebelschalen polirt oder auch lackirt.

Unterscheidungsmerkmale. Echtes Ebenholz riecht beim Verbrennen angenehm und hinterlässt eine an oxalsaurem Kalk reiche Asche. Behandelt man die Fläche des Längenschnittes mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali, so zeigen sich auf den dicken braunen Zellwänden kleine Tüpfel, welche die Gefässe des Holzes darstellen. Echtes Ebenholz lässt sich wegen seiner grossen Dichtigkeit nur schwierig leimen. Künstliches Ebenholz besitzt deutlich wahrnehmbare Jahresringe, die bald heller werden.

10. Eisenholz.

Diesen Namen führen verschiedene, sehr harte und schwere Holzarten, welche sich mit den gewöhnlichen Werkzeugen nicht bearbeiten lassen. Man unterscheidet:

a) sogenanntes echtes Eisenholz oder Molukkenholz vom Nanibaum (*Medrosideros vera* und *M. Polymorpha*), mit anfangs weichem, speckartigem Splintholz, rostgelbem Kernholz und von Südasien stammend. Das Holz ist nur in frisch gefälltem Zustande oder nach Behandlung mit heissem Wasser bearbeitbar, sehr schwer und äusserst dauerhaft.

b) madagassisches Eisenholz von *Siderodendron triflorum* (Madagaskar), mit dunkelbraunem, grünschimmerndem, schwerem Holze;

c) Eisenholz von Cayenne oder Panakokoholz, das Stammholz von *Robinia panacoca Aubl.* (Südamerika);

d) ceylonisches oder ostindisches Eisenholz von *Mesua ferrera L.* — u. s. w.

Ferner bezeichnet man mit Eisenholz das Stammholz von *Stadtmannia oppositifolia* (Isle de France), von *Olea undulata* (Cap der guten Hoffnung), von *Sideroxylon tenax*, *Casuarina equisetifolia* u. s. w.

Verwendung: Man benutzt das Eisenholz zu Drechslerarbeiten und zur Herstellung von Werkzeugen, Walzen, Ankern, Rudern, Stöcken u. s. w.

11. Grenadill- oder Granadillholz.

Das echte Grenadillholz stammt muthmasslich von der auf den Antillen (namentlich auf Cuba) wachsenden *Brya ebenus DC.* Es ist sehr hart und dicht, leichter wie Wasser, zähe und besitzt eine kaffeebraune Farbe mit violetten Flecken. Man verwendet es namentlich zu Blasinstrumenten (Flöten und Clarinetten).

Das schwarze oder brasilianische Grenadillholz ist fast ein Drittel schwerer wie Wasser und ähnelt dem schwarzen Ebenholz, das rothe Grenadillholz (auch rothes Ebenholz genannt) ist ebenfalls schwerer als Wasser und stammt von der Insel Mauritius.

Mit dem Namen Grenadillholz wird auch häufig das echte Ebenholz bezeichnet.

12. Guajakholz, Pockholz, Franzosenholz (*Lignum guajaci* oder *Lignum sanctum*).

Das echte Guajakholz stammt von *Guajacum officinale L.*, einem Baum mit zweipaarig gefiederten Blättern, einzelnen langgestielten Doldenblüthen, rundlichen Früchten und einer Stammhöhe bis 14 *m*. Der echte

Guajakbaum wächst auf den westindischen Inseln, namentlich auf Jamaika, Haïti, Domingo und St. Thomas, aber auch in Südamerika (Venezuela und Columbia). Das Kernholz ist grünlichbraun und mit gelblichschwarzen Streifen, das Splintholz hellgelblich. Echtes Guajakholz ist ein Drittel schwerer wie Wasser, sehr hart, fest, brüchig, schwerspaltig, schwierig zu bearbeiten, sehr dauerhaft und harzreich (gegen 20%). Es riecht beim Reiben und Verbrennen nach Gewürz und schmeckt scharf aromatisch. In den Handel gelangt es in starken Aesten oder in grossen, oft centnerschweren Stücken.

Verwendung: zu Achsenlagern, Walzen und Rollen für Maschinen, Flaschenzügen, Keilen, Hämmern, Kegelkugeln, Thürgriffen und anderen Drechslerwaaren. Man benutzt es auch in der Arzneikunde als Holzthee gegen Syphilis, Rheumatismus, Gicht u. s. w. Das aus dem Holz gewonnene dunkelbraune bis graugrüne Harz (Guajakharz) findet als Heilmittel und vereinzelt auch zur Bereitung von Lacken Verwendung.

Bemerkung: Man kann das Holz (nach Gottgetreu, a. a. O. Bd. I, S. 471) dadurch bleichen, dass man es auf einige Stunden in eine nicht zu starke Natronlauge legt, dann abspült und hierauf in ein Bad von 1 Theil Salzsäure und 8 Theilen Wasser bringt, in welchem 6 Theile unterschwefligsaures Natron gelöst ist. Nach 24 Stunden zeigt das Holz an der Oberfläche eine hellgelbe Farbe. Wird es gewaschen und getrocknet, so lässt es sich sehr schön poliren.

Abarten: Jamaika-Guajakholz (*G. jamaicense Tausch.*), dem vorigen ähnlich; — weisses Pockholz oder Heiligenholz (*G. sanctum L.*) von einem auf Puerto Rico und in Florida wachsenden Baum mit vielpaarigen Blättern, vierkantiger Frucht und weissem oder hellgelbem Holz; — mastixblättriges Guajakholz von einem in Brasilien und Westindien heimischen Baum; u. s. w.

13. Hickoryholz.

Dieses Holz liefern mehrere amerikanische Walnussbäume von der Gattung Carya. Am meisten findet in der Technik Verwendung das Holz vom:

a) weissen Hickory (*Carya albi Michx.*), mit grossen, 5·2 *cm* langen Blättern, essbaren und wohlschmeckenden sowie ölreichen, an beiden Enden zugespitzten und mit ungeniessbarer fleischiger Aussenhülle versehenen Nüssen (Hickorynüssen oder auch Vexirnüssen, weil der Kern nur sehr schwer herauszulösen ist), ferner mit im Splint weissem, im Kern röthlichbraunem, ausserordentlich zähem, schwerem, leichtspaltigem, dauerhaftem, jedoch stark schwindendem und sich leicht werfendem Holz und mit einem bis 2·2 *m* hohen Stamm. Vorkommen: in Nordamerika, namentlich in Maryland und Carolina.

b) olivenblättrigen Hickory (*Carya olivaeformis Nutt.*), mit sehr wohlschmeckenden, viel Oel enthaltenden, schwach vierseitigen Früchten (Illinois- oder Pekannüssen, die einen wichtigen Handelsartikel bilden), mit grauer Rinde und sehr dauerhaftem, zähem und hartem Holz, sowie mit einem bis 24 *m* hohen Stamm. Vorkommen: am Ohio und Mississippi, sowie in Louisiana.

Verwendung: Das Hickoryholz gilt als das beste Werkzeugholz; es findet auch zu Möbeln und in der Stellmacherei (z. B. in Amerika zur Herstellung leichter und dauerhafter, zweirädriger Wagen) vielfach Verwendung. Aus dem Samen der Hickorybäume wird Oel gewonnen, das im Haushalt und in der Medicin benutzt wird.

14. Königsholz (*Lignum regni*).

Diesen Namen führen mehrere Holzarten, z. B. das Holz von *Ebenum creticum* (Südamerika), von *Fagrae peregrina L.* (Sumatra), von einer zur Familie der Leguminosen gehörenden Dalbergia (China, Pernambuco, Cayenne, Madagaskar) u. s. w.

Das Holz dieser Bäume ist dunkelbraunviolett bis schwarzbraun, auch hellröthlich gestreift, mitunter marmorirt und zeichnet sich aus durch ein sehr feines Gefüge, Dichtigkeit, Schwere, grosse Härte uud lange Haltbarkeit. Man verwendet es hauptsächlich zu Drechsler- und Kunsttischlerarbeiten.

15. Mahagoniholz.

Das echte Mahagoniholz stammt von *Swietenia mahagoni L.*, einem auf St. Domingo, Cuba, Curaçao und Mexico (an der Küste des Atlantischen Oceans), Nicaragua, Britisch-Honduras, sowie in Südamerika (namentlich in Brasilien) wachsenden Baum, der eine bedeutende Höhe und Dicke erreicht. Das Holz dieses Baumes ist in frischem Zustande gelbroth, wird aber an der Luft und beim Poliren mit Oel und Wachs nach und nach dunkler, so dass es zuletzt dunkelbraunroth, mitunter sogar fast schwarz erscheint. Es giebt aber auch Mahagonihölzer, welche gewässert, marmorirt, braun geadert, bisweilen auch gemasert sind. Die Jahresringe sind schmal und wenig bemerkbar, die zahlreichen Markstrahlen fein und hell, die kleinen Spiegel deutlich erkennbar und atlasglänzend, die Poren offen oder gefüllt, kurz und sichtbar. Das unregelmässig concentrisch gezeichnete Holz ist ungemein fest und hart, schwer, schwerspaltig und sehr dauerhaft, da es jede Lage und Witterung, Hitze und Kälte gut verträgt und niemals von Insecten heimgesucht wird; es schwindet nicht, wirft sich wenig und nimmt eine vorzügliche, spiegelglatte Politur an. Je älter es ist, desto dunklere Färbung, grössere Festigkeit und längere Haltbarkeit besitzt es.

Man verwendet dieses sehr werthvolle Holz seit dem Jahre 1724 zur Herstellung von Möbeln und Fournieren, ferner zu Schiffbauten, Lagern von Maschinen und Maschinentheilen u. s. w.

Es giebt verschiedene Sorten, welche sowohl in der Güte als auch in der Farbe mannigfach von einander abweichen. Hervorzuheben sind:

a) Mahagoni-Pyramidenholz, das werthvollste Holz der *Swietenia mahagoni*, welches gemasert ist und erhalten wird, wenn man den Stamm so zerschneidet, dass der Schnitt durch zwei gegenüberliegende Aeste geht.

b) Haiti-, St. Domingo-, Hispaniola-Mahagoni, nach dem Pyramidenholz die nächstbeste Sorte; feurig gelbroth, später kastanienbraun; von Haiti und St. Domingo in den Handel kommend.

c) Jamaika-Mahagoni von der Insel Jamaika; roth, später fast schwarz; zweitbeste Sorte.

d) Cuba-Mahagoni von der Insel Cuba; dunkelblutroth und hellgeadert oder hellgeflammt; drittbeste Sorte.

e) Honduras-Mahagoni von Britisch-Honduras; minderwerthig.

f) Providence-Mahagoni; schlechteste Sorte.

Zu den unechten Mahagonihölzern gehören:

g) Neuholländisches Mahagoniholz von einer Myrthenart (*Eucalyptus robusta* oder *Eucalyptus globulus*) stammend, welche auf den Südseeinseln heimisch ist; braunroth und veilchenartig riechend, sowie von ziemlich grosser Härte und Festigkeit.

h) Weisses Mahagoniholz vom westindischen und südamerikanischen Nierenbaum oder Elefantenlausbaum (*Anarcardium occidentale*); wenig werthvoll, weil voller Knoten und Risse. Dieses harte Holz kommt auch (wie das echte Mahagoniholz) unter der Bezeichnung Acajouholz in den Handel.

i) Weibliches oder Madeira-Mahagoniholz vom Lorbeerbaum (*Persea indica*) oder von der Jamaika-Ceder (*Cedrela odorata L.*, vergl. Nr. 8); röthlich gefärbt, leicht, porös und sehr weich, sowie mit sichtbaren Jahresringen und angenehmem Geruch.

k) Capländisches Mahagoniholz von *Pteroxylon utile* oder *Curtisia faginea*, vom Cap der guten Hoffnung; roth gefärbt, hart und mit grobem Gefüge.

l) Afrikanisches Mahagoniholz oder Bastard-Mahagoniholz von der *Khaya senegalensis*, Senegambien und Sierra Leone; dem echten Mahagoniholz sehr ähnlich; — u. s. w.

16. Palisander- (fälschlich Polisander-), Polixander- oder Jacarandaholz.

Mit Palisander bezeichnet man im Handel eine grosse Zahl verschiedener Holzarten (z. B. das Königsholz, Amarantholz, Pockholz, Rosenholz u. s. w.). Das echte Palisanderholz stammt von der *Bignonia brasiliana Lam.* oder *Jacaranda brasiliana Pers.*, der Zuckertanne, welche in Brasilien heimisch ist, ferner von der *Jacaranda obtusifolia H. et B.*, dem stumpfblättrigen Jacarandabaum, der in Südamerika wächst, auch von *Jacaranda ovalifolia B. R.* u. s. w.

Das Palisanderholz oder Jacarandaholz ist dunkelbraun mit helleren, zum Theil sehr lebhaften Streifen, auch schwärzlich carmoisinroth und schwarz geadert u. s. w., ferner angenehm duftend, sehr fein, fest, hart und zähe, sehr schwerspaltig und mit undeutlichen Jahresringen, hellen Markstrahlen und eigenthümlich gestalteten Poren. Das Splintholz der Jacarandabäume ist weiss.

Das Holz kommt im Handel in verschiedenen Sorten vor; als beste Sorte gilt das aus Rio de Janeiro versandte, schwärzlich oder bräunlich gefärbte und dunkel gestreifte oder geaderte Holz, als mittelgute das aus Bahia und als schlechte das aus Ostindien stammende Holz. Im Geschäftsleben bezeichnet man mit Palisanderholz gewöhnlich das eine kirschrothe Politur annehmende Holz obiger Bäume und mit Jacarandaholz dasjenige, welches nach dem Poliren braun gefärbt erscheint.

Verwendung: als Fournierholz für Möbel und zur Herstellung musikalischer Instrumente (namentlich zu Zithern).

17. Palmenholz.

In der Technik findet das aussen gewöhnlich sehr harte, innen dagegen meistens lockere, mitunter auch sehr weiche Holz verschiedener Palmen mannigfache Verwendung. Bemerkenswerth sind die folgenden Arten:

a) Cocosbaum oder Cocospalme (*Cocos nucifera L.*), im tropischen Südamerika heimisch, aber durch Anpflanzungen jetzt auf der östlichen Halbkugel sehr verbreitet. Sein Holz, Stachelschweinholz genannt, besteht aus schwarzen, ungemein harten, mehr oder weniger zerstreut liegenden Gefässbündeln, welche in einer gelbbraunen, weichen Markmasse liegen. Das Holz besitzt keine Jahresringe, lässt sich nicht beizen und wird zu Drechslerarbeiten mannigfacher Art, zu Bechern, Dosen, Schatullen, Arbeitskästen,

Löffeln, Messergriffen, Stöcken u. s. w. benutzt. Die Fasern des Mesokarps (Cocosfasern) dienen zur Herstellung von Matten, die Früchte (Cocosnüsse) als Nahrungsmittel oder zur Verarbeitung zu Kopra. Aus dem Holze wird Zucker, Oel, Gummi, Arrac u. s. w. gewonnen.

b) Fächerpalme oder Palmyra (*Borassus flabelliformis*), in Arabien, Ostindien, Neu-Guinea u. s. w. wachsend. Ihr im Alter steinhartes Holz wird in jenen Ländern zum Häuserbau benutzt; im Uebrigen dient das Holz zur Herstellung von Drechslerwaaren, von Spazier- und Schirmstöcken u. s. w.

c) Wachs- oder Karnaubapalme (*Corypha cerifera*), in Brasilien heimisch. Verwendung: zu Wasser- und Häuserbauten.

d) Gemeine Kohlpalme oder Palmito (*Euterpe oleracea*), in Brasilien wachsend. Das Holz wurde früher vielfach zum Bau von Pallisaden benutzt (daher der Name Pallisadenholz) und dient heutzutage namentlich zu Dachconstructionen.

e) Gemeine Dattelpalme (*Phoenix dactylifera L.*), in Arabien heimisch. Das die Farbe von altem Eichenholz besitzende Dattelpalmenholz kann nur als rundes Stammholz verwendet werden, weil es sich nicht zu Brettern zerschneiden lässt; man benutzt es zu mancherlei technischen Zwecken.

f) Schilfpalme oder Rotang (*Calamus*), im tropischen Afrika und in Südasien wachsend. Sie liefert das zu Stuhlflechtereien u. s. w. dienende spanische Rohr und ein zum Färben des Weingeistes und Terpentinfirnisses benutztes Harz (Drachenblut).

g) Kaiser-, Hermelin-, Blumenpalme, auf den malaiischen Inseln wachsend. Ihr mit prachtvollen Zeichnungen versehenes Holz findet zu Kunsttischlerarbeiten Verwendung.

Noch zu erwähnen ist, dass das harte Holz der ***Diplothemium candescens*** zum Häuserbau, das steinharte Holz der ***Manicaria saccifera*** hauptsächlich zu Stöcken, das Holz der Brennpalme (***Caryota***) zu Pfeilerbauten, die Zwergpalme (***Chamaerops humilis L.***) zu Besen, Matten und anderen Flechtwerken benutzt wird.

18. Teakholz, Tik- oder Tekholz, indische Eiche (*Tectona grandis L.*).

Kennzeichen: eirunde, 9 *cm* lange Blätter; 5—6spaltige, traubenförmige, weisse Blüthen, haselnussgrosse, vierfächerige Steinfrucht; starkriechendes, dunkelbraunes, in frischem Zustande lichtbraunes, dichtes, schweres Holz mit undeutlichen Jahresringen, in denen die Gefässe als schwärzliche, glänzende Streifen wahrnehmbar sind; bis 20 *m* hoher Stamm.

Vorkommen: Ostindien. Die umfangreichsten Waldungen befinden sich in Pegu, Tenasserim, Assam und Malabar.

Verwendung: Das unserem Eichenholz ähnelnde, sehr dauerhafte und dem Wurmfrass nicht leicht unterworfene Holz enthält ein Oel, welches das Rosten eiserner Bolzen im Holze verhindert. Es besitzt einen hohen Werth, stellt das beliebteste Holz Ostindiens dar, gilt überall als das vorzüglichste Schiffbauholz und kann gleich frisch verarbeitet werden.

Das beste Teakholz stammt aus Bangkok in Siam. Gewöhnlich kommt das Holz zehnjähriger Stämme zum Versandt. Wegen seines Gehaltes an eigenthümlich bitteren Säften soll das Holz die Fähigkeit besitzen, schlechtes Wasser geniessbar zu machen; man fertigt deshalb aus Teakholz Wassergefässe. Die Blätter dienen zum Purpurfärben von Seiden- und Baumwollenstoffen.

19. Rosenholz oder Rhodiserholz (*Lignum Rhodii*).

Rosenholz liefern mehrere Baum- und Straucharten, so z. B. ein auf den canarischen Inseln wachsender, schmalblättriger, windenartiger Strauch *Convolvulus scoparius*, ferner *Cordia gerascanthus* und *sebestina* (Westindien), *Physocalymna floribundum* (Bahia), *Amyris balsamifera* (Jamaika, Guyana), *Cordia myxa* (Ostindien), *Acacia excelsa* (Australien), *Trichilia glandulosa* (Neu-Süd-Wales) u. s. w. Von diesen Bäumen kommt hauptsächlich das Wurzelholz als Rosenholz in den Handel; das Stammholz besitzt einen etwas geringeren Werth.

Das meistens in cylindrischen, gekrümmten, dicken und mit weissgrauer, rissiger Rinde bedeckten Stücken käufliche Holz ist sehr dicht, schwer und fest, besitzt eine gelbliche, rosenroth bis braunroth geflammte, in der Mitte oft röthliche Farbe und riecht beim Reiben oder Schaben nach Rosen.

Verwendung: Das sehr dauerhafte westindische Rosenholz liefert ein brauchbares Bauholz, wird aber auch, wie alle übrigen Rosenhölzer, zu Tischler- und Drechslerarbeiten, eingelegten Arbeiten u. s. w. verwendet. Aus dem Holz gewinnt man durch Destillation Oel, mit dem das echte und sehr theure, aus Rosenblüthenblättern bereitete Rosenöl verfälscht wird.

20. Sassafras- oder Fenchelholz.

Man bezeichnet hiermit das Wurzelholz der im Süden der Vereinigten Staaten wachsenden *Sassafras officinalis N. ab. Es.* Dieses Holz ist weich, schwammig, leicht, grobfaserig, glänzend und schmutziggelb, auch röthlichbraun gefärbt; es riecht stark nach Fenchelthee, schmeckt scharf und süsslich, enthält Harze und ätherisches Oel, ist dem Wurmfrass nicht unterworfen und schwindet stark, wenn nicht vollständig ausgetrocknet. Das Holz, welches in etwa armdicken, unregelmässig gebogenen, knotigen Stücken versandt wird, findet zu Kunsttischlerarbeiten Verwendung. Man gewinnt aus dem Holz ein als Heilmittel gegen Haut- und Nervenkrankheiten dienendes Oel (Sassafrasöl).

21. Schlangenholz, Buchstaben- oder Letternholz.

Man unterscheidet hauptsächlich folgende Arten:

a) Echtes Schlangenholz vom Brechnuss- oder Krähenaugenbaum (*Strychnos nux vomica L.*), welcher auf den Molukken und auf Ceylon heimisch ist. Das Holz ist sehr dicht, fest und schwer, hat eine bräunliche Farbe und schöne Zeichnungen, schmeckt recht bitter und besitzt sehr dicke, keilförmig zugespitzte Markstrahlen. Man benutzt es auf Ceylon gegen Schlangenbisse und fertigt aus ihm Drechslerwaaren. Seine sehr bittere und giftige Rinde kommt als falsche Angosturarinde in den Handel; die Nüsse (Brechnüsse oder Krähenaugen) enthalten Strychnin.

b) Unechtes Schlangenholz, Buchstaben- oder Letternholz von *Ophioxylon serpentinum* (Ceylon). Das sehr harte und schwere, braunroth gefärbte Holz besitzt kleine, schwärzliche, Buchstaben gleichende Flecke. Es nimmt eine schöne Politur an, ist leichtspaltig, jedoch schwer bearbeitbar. Man benutzt es zu eingelegten Arbeiten, Kunsttischlergegenständen, zum Clavierbau u. s. w. Zum Versandt gelangt es aus Surinam und Guyana.

c) Muskatholz (auch Letternholz genannt), das Kernholz von *Piratinera guianensis* oder *Brosimum guianensis Aubl.*, ein sehr schweres, hartes, jedoch elastisches, braunrothes, dunkelgefleckte oder getigertes, auch wellig gestreiftes Holz, welches von Südamerika (Surinam) bezogen wird. Es

wird zu Violinbögen, Spannbögen für Armbrüste, Spazierstöcken und zu Kunstsachen verarbeitet.

22. Veilchenholz.

Man bezeichnet mit diesem Namen das veilchenartig riechende Blau- oder Blutholz (vergl. Nr. 6), sowie das Holz von *Eucalyptus globulus DC*, einem auf Vandiemensland wachsenden Baum, der eine gewaltige Höhe und Dicke erreicht. Verwendung: zu Drechsler- und Kunsttischlerarbeiten.

23. Zebraholz.

Diesen Namen führt das braune, schwarzgestreifte, harte und politurfähige Holz mehrerer Palmen (wie z. B. der südamerikanischen [brasilianischen] *Carludovica palmata R. et Pav.* und der indischen Zucker- oder Kitoolpalme *Arenga saccharifera*), ferner das hellbraune und dunkelgestreifte Holz des guaianischen Nabelstrauches (*Omphalobium Lambertii Schomb.*) und endlich das graugefleckte Holz von Guettarda. Verwendung: hauptsächlich zu feinen Tischlerarbeiten, auch zur Anfertigung von Knöpfen.

II. Die Nadelhölzer.

§ 135. Tanne.

Von der Tanne, einem Reifholzbaum mit breitem Splint und deutlich wahrnehmbaren Jahresringen, giebt es in der nördlichen gemässigten Zone ungefähr 20 Arten. Die wichtigste ist:

a) **die Weiss-, Edel-, Silber- oder Masttanne** (*Abies pectinata DC*, *Pinus picea L.*, *Pinus abies Du Roi* u. s. w.)

Kennzeichen: kleine, 1—2 *cm* lange, 2—3 *mm* breite, kammförmig abstehende, an den unteren Aesten an der Spitze ausgerandete und abgerundete, an den oberen (Wipfel-) Aesten fast spitzige, immergrüne, biegsame, kurzgestielte, zweischneidige, unterseits blassgrüne und mit zwei bläulichweissen Längsstreifen versehene, auf beiden Seiten der Zweige eingedrehte oder gewunden eingeführte Nadeln; bis 20 *mm* lange männliche, eiförmige, grünliche Blüthen in der Achsel einer Nadel auf der Unterseite vorjähriger Seitentriebe der Krone; 20—30 *mm* lange weibliche, walzenförmige, gelbgrüne Blüthen aufrecht auf der Oberseite unterhalb der Spitze vorjähriger Triebe der obersten Aeste; 14—20 *cm* lange, walzenförmige, hellgrün-braune, aufrecht stehende, im Herbst reif werdende und sich dann von der Spindel abschuppende Zapfen; quirlartig fast rechtwinklig gestellte, rauhe, ungleich lange, sehr dünne, in schön geschwungenen Linien herabhängende Aeste (im dichten Bestande von geringer Zahl); anfänglich glatte, grünlichbraune und mit Harzbeulen bedeckte, später weissgraue, im Alter rissige und spröde, in dünnen Schuppen abblätternde Rinde; in der Jugend pyramidenförmige, im späteren Alter fast cylindrische, oben abgeplattete Krone; schnurgerader Stamm; weisses, etwas gelblich oder röthlich schimmerndes (bei auf feuchtem Boden gewachsenen Tannen blassröthliches), weiches, harzarmes und daher leichtes, lang- und feinfaseriges, sehr elastisches, schön glatt und sehr dünn spaltbares Holz mit vielen 0·5 *mm* hohen Markstrahlen und einem ungleichmässigen Gefüge, weil jeder Jahresring im Herbst ein schwammigeres Holz ansetzt als im Frühjahre.

Höhe: meistens bis 40 *m*, ausnahmsweise bis 65 *m*.

Stammdurchmesser: bis 2·4 *m*.

Alter der Reife: etwa 130 Jahre.

Vorkommen: hauptsächlich in den Gebirgsländern des mittleren und südlichen Europa (Thüringer Wald, Böhmerwald, Sudeten, Karpathen, Schwarzwald, Frankenwald, Vogesen, Tirol, Schweiz, Pyrenäen, Kaukasus u. s. w.). Die Weisstanne liebt einen tiefgründigen, kräftigen, etwas feuchten, kies-, sand- oder dammerdehaltigen Boden und steigt im wärmeren Klima bis etwa 2000 *m* (im Schwarzwald bis 1050 *m*, im Riesengebirge bis 800 *m*, in den bayerischen Alpen bis 1400 *m*, im Jura bis 1500 *m*, in den Vogesen bis 1200 *m*, in den Pyrenäen bis 1950 *m* u. s. w.) über Meereshöhe. Sie kommt im Norden auch in Ebenen vor; man findet sie in Sibirien bis zum 51. Grad und in Norwegen bis zum 67. Grad n. Br.

Verwendung: Das im Trocknen ausserordentlich und unter Wasser ziemlich dauerhafte, im Wechsel von Trockenheit und Nässe jedoch wegen ihres geringen Harzgehaltes wenig haltbare, gut bearbeitbare Holz wird zu Zimmerarbeiten (Unterzügen, Balkenlagen, Dachconstructionen u. s. w.), ferner zu Fussböden (weiss und astrein), Bühnen und Resonanzböden, Drechsler- und Böttcherarbeiten, Schachteln und Dachschindeln, sodann zu Telegraphenstangen, Mastbäumen, Mühlwellen und endlich als Brennholz (Brennwerth etwa 30—40% geringer als der des Buchenholzes) verwendet. Aus dem Samen wird der sogenannte Strassburger Terpentin gewonnen.

b) Abarten.

1. *Abies Nordmanniana Link*, mit schwarzgrau berindetem, bis 30 *m* hohem Stamm, vielen, fast vom Erdboden an gewachsenen Aesten, stark verharzten, eiförmigen Zapfen und mit an jungen Trieben mehrreihigen, an älteren zweizeilig abstehenden Nadeln. Heimat: Kaukasus und Krim.

2. *Abies cephalonica Loud.*, mit spitzen Nadeln. Heimat: Griechenland. Mit mehreren Varietäten.

3. *Abies Pinsapo Boiss.*, mit spitzen, gewöhnlich allseitig abstehenden Nadeln, etwas an der Spitze eingedrückten Zapfen, schwärzlichgrau berindetem, bis 25 *m* hohem Stamm. Heimat: Südspanien und Nordafrika.

4. *Abies balsamea L.* (Balsamtanne), mit kurzen, meist sichelförmig aufwärts gebogenen, unterseits bläulichweiss gestreiften, an der Spitze ausgerandeten, balsamisch riechenden Nadeln, kurzen violetten Zapfen, schwärzlichgrau berindetem, bis 15 *m* hohem Stamm mit pyramidenförmiger Krone. Heimat: östliches Nordamerika; in Europa in Gärten cultivirt. Aus den Harzbeulen der Rinde wird in Amerika ein sehr feiner Terpentin gewonnen, welcher unter dem Namen »Canadabalsam« in den Handel kommt.

5. *Abies venusta Dougl.*, mit zugespitzten Nadeln, braunberindetem, bis 30 *m* hohem Stamm, dessen untere Zweige schlaff herabhängen. Heimat: Californien.

6. *Abies amabilis Dougl.*, mit zuletzt beiderseits grünen Nadeln und bis 60 *m* hohem Stamm. Heimat: westliches Nordamerika.

7. *Abies nobilis Lindl.* (amerikanische Edeltanne), mit aufwärts gekrümmten, nahezu kreisförmig gestellten Nadeln, 16—18 *cm* langen Zapfen und kastanienbraun berindetem, bis 70 *m* hohem Stamm. Heimat: Californien u. s. w.

§ 136. Fichte oder Rothtanne.

Von der Fichte, einem Reifholzbaum mit mittelharten, deutlich wahrnehmbaren Jahresringen und schmalem Splint, kennt man zwölf Arten. Hervorzuheben sind:

a) **die gemeine Fichte, Rothfichte, Fichttanne oder Roth-, Schwarz-, Pech-, Kreuztanne** u. s. w. (*Abies excelsa DC.*, *Picea vulgaris Link*).

Kennzeichen: 12—17 *mm* lange und 1 *mm* breite, steife, kurz stachelspitzige, anfangs hellgrüne, später dunkelgrüne, lebhaft glänzende, im Querschnitt rautenförmige, spiralig und allseitig abstehende, auf kleinen Höckern sitzende, immergrüne Nadeln; rothe, nahe den Zweigspitzen sitzende, 20—27 *mm* lange, erdbeerähnliche, männliche Blüthen; karminrothe, an der Spitze vorjähriger Triebe im oberen Theile der Krone, anfangs aufrecht stehende, nach der Befruchtung hängende, 30—40 *mm* lange, weibliche Blüthen; 10—16 *cm* lange und 2—2·5 *cm* dicke, etwas herabhängende und später ganz abfallende, hellrothe bis braune, walzenförmige Zapfen; glatte, quirlartig und in der Mitte der Krone fast rechtwinklig stehende, am unteren Theil des Stammes jedoch etwas überhängende Aeste; schnurgerader, kegelförmiger Stamm mit pyramidal-kegelförmiger Krone und anfänglich glatter, hellroth-brauner, im Alter rissiger, schuppig abblätternder, rothbrauner, graubrauner bis grauer Rinde; blassröthliches, nach der Mitte zu geadertes, harzreiches und schwach nach Harz riechendes, glänzendes, weiches, sehr elastisches, leichtspaltiges Holz mit vielen 0·5 *mm* hohen Markstrahlen, zahlreichen Aststellen und senkrechten, sowie wagerechten Harzgängen.

Alter der Reife: 80—100 Jahre. Höhe: gewöhnlich bis 50 *m*, ausnahmsweise noch etwas grösser. Stammdurchmesser: bis 1·80 *m*.

Vorkommen: hauptsächlich in Mitteleuropa; im Süden noch in den Gebirgen Italiens und in den Pyrenäen, im Norden Europas (Finnland) bis zum 68. Grad, in Nordasien bis zum 60. Grad. Die Fichte liebt einen frischen, humusreichen Boden und eine feuchte Atmosphäre. Sie liefert das beste Holz in rauhen, nördlichen Lagen, das schlechteste (schwammiges, roth- und kernfaules Holz) bei zu fettem Boden oder in sonnigen, tiefen Lagen, weil sie dann zu schnell wächst. Die Fichte steigt im Gebirge bis 1800 *m* Meereshöhe und kommt selbst auf Felsblöcken mit schwacher Erddecke fort.

Verwendung: Das im Trockenen sehr haltbare, unter Wasser ausserordentlich dauerhafte, im Witterungswechsel leicht stockende Holz ist gut bearbeitbar und lässt sich mit der Säge im Querschnitt leicht, im Längenschnitt dagegen schwieriger zerschneiden. Man benutzt es im Baufach zu Balken, Holzfachwerken, Thüren, Treppen, Fussböden, Dachschindeln u. s. w., ferner als Schiffbauholz, sodann zu Brunnenröhren, Mastbäumen, Zündhölzern, Spielsachen, weiter als Parkett- und Möbel-Blindholz, zu Getäfel, zu Resonanzböden für Instrumentenmacher (wichtiger Handelsartikel im Böhmerwald), endlich zur Herstellung von Holzstoff und Cellulose für die Papierfabrikation und als Brennholz (Brennwerth etwa 75% von dem des Buchenholzes).

Die Fichte liefert Harz, aus welchem das gemeine gelbe Pech durch Schmelzen gewonnen wird; ihre Rinde dient zum Gerben, sowie als Brennstoff und das aus ihr (bei alten Bäumen) herausquellende, oft goldgelbe, an der Luft nachdunkelnde Harz (gemeiner Weihrauch genannt) zur

Bereitung von Salben und Pflastern. Holz und Nadeln werden zur Bereitung von sogenannter Waldwolle (Holzwolle) benutzt, welche zu Polsterungen von Möbeln, als Verpackungsstoff und in der Heilkunde zum antiseptischen Verband verwendet wird. Die Fichtennadeln dienen auch zur Bereitung heilkräftiger Bäder und als Stallstreu. Endlich gewinnt man aus der Fichte durch Abschaben der Kambiumschicht der im Frühsommer gefällten Stämme einen Saft, aus welchem Vanillin hergestellt wird.

b) **die Schlangenfichte** (*Picea viminalis Abstr.*) mit wenig oder nicht verzweigten, häufig sehr langen, schlangenartig gebogenen, quirlartig stehenden Aesten. Heimat: Schweden; in Deutschland cultivirt. — Hierher gehört auch:

c) **die Hängefichte** (*Picea pendula*), mit lang herabhängenden Aesten.

d) **die Weissfichte** (*Picea alba Link.*), mit stumpfen, grau- oder blaugrünen, nicht sehr dicht stehenden, 6—14 *mm* langen Nadeln und hellbraunen, 2·5—4 *cm* langen Zapfen. Heimat: Canada bis Karolina. Die Weissfichte des Böhmerwaldes, auch Haselnussfichte genannt, besitzt ein auf dem Radial- und Sehnenschnitt geflammtes Holz in Folge der wellenförmig verlaufenden Jahresringe.

e) **die morgenländische Fichte** (*Picea orientalis Link.*), mit kurzen, sehr dicht gestellten, dunklen Nadeln. Heimat: Kaukasus und die Gebirge Kleinasiens. — Die aus den Zweigspitzen herausdringenden Harztropfen kommen unter dem Namen »Sapindusthränen« in den Handel.

f) **die Schwarzfichte** (*Picea nigra Link.*), mit dicht stehenden, unterseits schwarzgrünen, oberseits bläulichen Nadeln, 3 *cm* langen braunrothen Zapfen, schwärzlicher Rinde. Heimat: das östliche Nordamerika. — Das weisse Holz wird in Amerika vielfach zur Herstellung von Raaenstangen benutzt und aus den jungen Trieben das sogenannte Sprucebeer bereitet.

g) **die Rothfichte** (*Picea rubra Link.*), mit kurzen, nur 1—1·5 *cm* langen, oberseits mehr oder weniger blaugrünen Nadeln, 5—8 *cm* langen Zapfen und röthlich gefärbtem, sehr dauerhaftem Holz. Heimat: Neuschottland und Neufundland.

h) **Picea obovata** Ledeb., mit kleinen breitschuppigen Zapfen. Heimat: das nordöstliche Europa und Sibirien. — Diese Fichte bildet im Altaigebirge ausgedehnte Wälder; — u. s. w.

§ 137. Wachholder oder Wacholder.

Man unterscheidet hauptsächlich folgende Arten:

a) **den gemeinen Wachholder, Knirk-, Steck-, Kranawitts-, Feuerbaum** u. s. w. (*Juniperus communis L.*).

Kennzeichen: 12 *mm* lange, schmale, stechende, am Grunde gegliederte Nadeln, welche quirlartig zu je drei an den dreikantigen Aesten sitzen; kleine vielblüthige, eirunde männliche und dreiblüthige, urnenförmige, weibliche Blüthenkätzchen; blauschwarze, weiss bereifte Beeren (Wachholder-, Quackel- oder Krammetsbeeren); gelbröthliches oder gelbbraunes, oft braungeadertes, im Splint weissliches oder graues, in frischem Zustande ziemlich hartes, dichtes, schweres, elastisches, wohlriechendes Holz, welches eine grosse Dauerhaftigkeit besitzt und fast nie von Insecten heimgesucht wird.

Höhe: bis 10 *m* (meistens niedriger). Stammdurchmesser: bis 30 *cm*.

Vorkommen: in Europa, Mittel- und Nordasien, und zwar hauptsächlich auf Haiden und in Kiefernwaldungen. Der Wachholder liebt gebirgige Gegenden.

Verwendung: Das schwer zu bearbeitende und oft einreissende Holz wird bei grösserer Stärke zu Tischler- und Drechslerarbeiten benutzt, namentlich zur Herstellung von Prunkmöbeln, eingelegten Arbeiten, Wand- und Deckentäfelungen, auch zu Maschinentheilen und in der Medicin als Holzthee. Aus den oft knorrigen Wurzeln und Stämmen fertigt man Gartenmöbel und Stöcke; Holz, Wurzeln und Beeren dienen getrocknet zum Räuchern, letztere auch als Arznei und zur Bereitung von Wachholderbranntwein (Genèvre). Das bisweilen unter der Rinde anzutreffende Harz kam früher als deutscher Sandarak in den Handel;

b) **den stinkenden Wachholder, Sade-, Sage- oder Sevenbaum** (*Juniperus sabina L.*), mit kurzgestielten, kugelförmigen, rothen Scheinähren und festem, langfaserigem, röthlich gefärbtem Holz. — Heimat: Südeuropa und Orient.

Verwendung: Das Stammholz dient zu Tischler- und Drechslerarbeiten und die getrockneten, ein ätherisches Oel enthaltenden Zweige werden in der Medicin als stark erhitzendes und bluttreibendes Mittel benutzt.

c) **den spanischen oder griechischen Wachholder oder die Wachholderceder** (*Juniperus oxycedrus L.*), mit kugelförmigen, rothen Scheinähren und einem dem echten Cederholz ähnelnden Holze. Heimat: Istrien.

Verwendung: Aus dem Holze wurden im Alterthum Götterbilder und Tempelverzierungen geschnitzt; heutzutage fertigt man aus ihm Tischler- und Drechslerarbeiten und benutzt es auch zur Gewinnung eines ätherischen Oeles (*Oleum cadinum*), welches z. B. als Heilmittel gegen die Räude der Schafe benutzt wird und schlecht riecht.

d) **den virginischen Wachholder oder die virginische oder rothe Ceder** (*Juniperus virginiana L.*), einem geraden, bis 16 *m* hohen, zur Gruppe der Sadenbäume gehörenden Baum mit eiförmigen langgestielten Scheinähren, schwarzblauen Beeren, wohlriechenden, rautenförmig länglichen, in zweigliedrigen Quirlen stehenden Nadeln und karmoisinröthlichem, oft dunkelgeflammtem, im Splint weissgelbem, fein- und langfaserigem, festem, wohlriechendem Holz; der Stamm besitzt sogenannte Cederäpfel, welche durch Insectenstich erzeugt werden. — Heimat: Nordamerika.

Verwendung: Das im Freien, unter Wasser und in der Erde sehr dauerhafte und dem Wurmfrasse nicht unterworfene Holz wird zu Bleistiftfassungen, Cigarrenkisten, Wand- und Deckentäfelungen, Fussböden, Tischen u. s. w. benutzt und häufig als echtes Cederholz verkauft. Die getrockneten Zweige finden in der Medicin Verwendung;

e) **den Bermuda-Wachholder oder die Bermudaceder** (*Juniperus bermudiana L.*), mit röthlichem, leichtem, wohlriechendem Holz, welches als rothes Cederholz in den Handel kommt und wie das Holz der virginischen Ceder verwendet wird. Heimat: die Bermudasinseln.

§ 138. Kiefer. — Pitschpine. — Yellowpine.

1. Europäische Arten.

a) **Gemeine Kiefer, Föhre, Weisskiefer, Kienbaum** u. s. w. (*Pinus silvestris L.*).

Kennzeichen: Kernholzbaum mit sehr breitem Splint, dünnem Mark, sehr deutlichen, etwas wellenförmigen Jahresringen mit scharfer Grenze zwischen Frühjahr- und Sommerholz; 40—50 *mm* lange, im Querschnitt halbkreisförmige, unterseits etwas hohle und bläulich- oder graugrüne, auf der convexen Seite dunkelgrüne, paarweise in einer Scheide und spiralig um den Zweig stehende, immergrüne Nadeln; 6—7 *mm* lange, eiförmige, kurzgestielte, strohgelbe, männliche Kätzchen, strauss- oder büschelförmig zusammengedrückt an der Spitze vorjähriger Triebe; kleinere, runde, gestielte, röthliche, weibliche Blüthen einzeln zu 2—5 an frischen Trieben desselben Jahres; 4—7 *cm* lange, kurzgestielte, hängende, eikegelförmige, glanzlose, anfangs grüne, nach Jahresfrist graubraune Zapfen; gerader, im Alter bis zur stark abgewölbten bis schirmförmigen Krone astfreier, cylindrischer Stamm mit weit herausragenden quirlartig gestellten, um einen Jahrestrieb von einander entfernten Aesten; leuchtend gelbrothe Rinde bei jungen Stämmen; graugelbe oder olivengrüne Rinde an den Zweigen junger Triebe; mit aussen graubrauner, innen rothbrauner, sehr dicker, stark aufgerissener Borke bedeckte Rinde bei alten Stämmen; im Splint gelbliches oder röthlichweisses, im Kern gelblichröthliches oder bräunlichrothes, an der Luft allmälig dunkler werdendes, glänzendes, im Kern wohlriechendes, grobes, langfaseriges, mittelhartes, mässig schweres, harzreiches Holz mit zahlreichen 0·5 *mm* hohen Markstrahlen.

Alter der Reife: etwa 120 Jahre. Höhe: 33—50 *m*. Stammdurchmesser: bis 1 *m*.

Vorkommen: in fast ganz Europa (bis zum 70. Grad n. Br.) und im grössten Theile von Nordasien, besonders aber in Preussen ausgedehnte Wälder bildend. Die Kiefer steigt in den Alpen bis 2000 *m* Meereshöhe und liebt einen tiefgründigen, humusreichen Boden; sie gedeiht aber auch auf sumpfigem und moorigem Boden, ja selbst auf dem magersten Flugsand und ist daher für den Anbau von Dünen sehr wichtig.

Bemerkung: Das Holz der auf ebenem, sandigem, humosem Boden gewachsenen Kiefer ist besser, nämlich zäher, dauerhafter und weniger zur Kernfäule geneigt als das Holz der auf sumpfigem oder moorigem Boden gediehenen; das kernreichere Holz älterer Stämme ist werthvoller als das splintreiche jüngerer; letzteres ist weniger dauerhaft und besitzt einen geringen Brennwerth. Das Holz aus dem unteren Theile des Stammes ist das schwerste, härteste; bei excentrischem, unter dem Einflusse ständiger Windströmungen entstandenem Wuchs ist das härteste Holz das auf der Schmalseite liegende. Das beste Kiefernholz wächst in Preussen zwischen Oder und Weichsel; dasselbe besitzt eine durchschnittliche Druckfestigkeit von 500 *kg* für das Quadratcentimeter und das specifische Gewicht 0·5 in trockenem Zustande.

In jungen Jahren wird die Kiefer häufig von einer Krankheit, Schütte genannt, befallen, welche sich im Absterben der Nadeln äussert und schliesslich den Baum tödtet; die Ursache dieser Krankheit ist noch nicht völlig aufgeklärt.

Verwendung: Das schwierig zu bearbeitende, selbst nach dem Abhobeln rauh bleibende und unter dem Hobel leicht reissende Holz besitzt selbst im Freien eine lange Dauer und ist als Bau-, Nutz- und Werkholz sehr gut geeignet. Das Kiefernholz ist das gesuchteste Holz für grosse Schiffsmasten und wird auch sonst im Schiffbau viel benutzt. Man verwendet es gern zu

Wasser- und Grundbauten, Brückenrosten, Eisenbahnschwellen, Brunnen- und Wasserleitungsröhren, ferner im Hochbau zu niedrigen Pfosten, kleineren Verbandhölzern, Blindböden, auch zu Fenstern und Thüren, Möbeln u. s. w.; endlich gilt das Kiefernholz als das beste Brennholz von allen Nadelhölzern. Die Wurzeln dienen zu Kienspänen und zur Theer-, Pech- und Kienrussbereitung, die Nadeln zu heilkräftigen Bädern, zur Bereitung von Waldwolle und als Stallstreu; die Rinde benutzt man zum Gerben u. s. w. Zu weittragenden Balken und Dachconstructionen ist Kiefernholz weniger geeignet als Tannen- und Fichtenholz. Wird Kiefernholz von Insecten angegriffen, so schwitzt es Harz aus; Wurmfrass tritt leicht ein, wenn das Holz trocken steht.

Abart: Rigakiefer, mit schlankerem Wuchs; ihr Holz wird besonders zu Schiffsmasten verwendet.

b) **Schwarzkiefer, österreichische oder corsische Kiefer** (*Pinus austriaca Höss.*, *P. nigricans Host.*, *P. laricio Poir.* u. s. w.).

Kennzeichen: 8—13 *cm* lange, paarweise in einer Scheide sitzende, gleichfarbige, jedoch dunklere Nadeln; gelbe männliche und rothe weibliche Blüthen; kegelförmige, gelbbraune, bis 8 *cm* lange, sitzende Zapfen; dunklere Rinde; ziemlich feines, im Korn gelblich- oder röthlichweisses, äusserst harzreiches Holz.

Vorkommen: im südlichen Europa, aber auch in Oesterreich und Tirol. Die Schwarzkiefer liebt einen kalkigen Boden.

Verwendung: im Allgemeinen dieselbe wie bei *a*). Die Schwarzkiefer, der harzreichste Nadelbaum Europas, ist besonders für die Harzgewinnung von Wichtigkeit.

c) **Zürbelkiefer oder Arve** (*Pinus cembra L.*).

Kennzeichen: 8—10 *cm* lange, unterseits mit zwei bläulich-weissen Längsstreifen versehene und zu fünf in einer Scheide sitzende Nadeln; essbare, sehr schmackhafte, dreikantige Nüsse (Zürbelnüsse) in 8 *cm* langen, schmutzig violetten Zapfen; grauschwärzliche, rissige und gefurchte Rinde; pyramidenförmige Krone; braunwollige Zweige; sehr hartes, gehobelt seidenglänzendes, weisses Holz mit sehr wenig ausgebildeten Jahresringen und mit einem Wohlgeruch, den die Motten scheuen.

Strauch oder Baum bis 15 *m* Höhe.

Vorkommen: hauptsächlich in den Gebirgen der Schweiz und Tirols, aber auch in den Karpathen und im Altaigebirge. Die Zürbelkiefer steigt bis etwa 2500 *m* Meereshöhe.

Verwendung: Das sehr gleichmässig ausgebildete Holz wird zu Schnitzereien und zur Herstellung von Resonanzböden verwendet.

d) **Krummholz-, Berg-, oder Zwergkiefer, auch Leg- oder Alpenföhre, Latsche** u. s. w. (*Pinus montana*).

Kennzeichen: paarweise aus einer Scheide kommende, gleichfarbige Nadeln; meist sitzende und wagerecht abstehende Zapfen; violette oder bläuliche weibliche Blüthen; dunkle Rinde; sehr lange (oft mehr als 10 *m* lange), am Boden hinkriechende Aeste; feines, wenig glänzendes, schwerspaltiges, gelbrothes Kernholz.

Vorkommen: in den Gebirgen Mittel- und Südeuropas bis zu 2000 *m* Höhe.

Verwendung. Das sehr dauerhafte Holz wird zu Schnitzereien, aber auch als Brennholz benutzt; das Harz kommt als Krummholzöl in den Handel.

Abarten: Hakenkiefer (*Pinus necinata Ram. et D. C.*), Knieholzkiefer (*Pinus pumilio Haenke*), Mugokiefer (*Pinus mughus Scop.*). Alle diese Kiefern (sowie die Krummholzkiefer) lieben Torfboden und bilden meistens nur einen niedrigen (bis 2 *m* hohen) Strauch.

e) **Strandkiefer, Seekiefer, Igelföhre.** (*Pinus maritima D. C., P. pinaster Sol.*)

Kennzeichen: 13—18 *cm* lange, kurz stachelspitze, lebhaft grüne Nadeln; 18 *cm* lange, sehr kurz gestielte, zimmetbraune Zapfen; dunkelbraune Rinde; pyramidenförmige Krone. — Die Strandkiefer ist der Schwarzkiefer sehr ähnlich.

Vorkommen: auf Gebirgen des südwestlichen Europa und Algeriens, namentlich an den Küsten Spaniens, Portugals und Frankreichs; in Deutschland nur am Rhein.

Verwendung. Das Holz findet im Allgemeinen dieselbe Verwendung, wie das der gemeinen Kiefer. Aus dem Baum gewinnt man Terpentin und Colophonium.

f) **Aleppokiefer** (*Pinus halepensis Mill.*)

Kennzeichen: paarweise in einer Scheide sitzende, 8 *cm* lange, sehr dünne, zarte, oberseits blaugrüne Nadeln; graubraune bis schwärzliche Rinde; breite Krone.

Vorkommen: in den Ländern am Mittelmeer.

Verwendung. Das Holz dient zu Tischler- und Schnitzarbeiten; die Rinde (Snobarrinde oder Scorza rossa) zum Gerben.

g) **Steinkiefer, Pinie, Pinolienkiefer** (*Pinus pinea L.*).

Kennzeichen: paarweise in einer Scheide sitzende, 13—20 *cm* lange, kurz stachelspitze, hellgrüne Nadeln; 8—15 *cm* lange, eiförmig-kugelige, glänzende Zapfen; Rinde aussen mit graubrauner, innen mit lebhaft rothbrauner Borke; essbarer, nach Mandeln schmeckender, feinharziger Samen (sogenannte Piniennüsse oder Pignolen).

Vorkommen: hauptsächlich in den Ländern am Mittelmeere.

Verwendung: als Nutzholz.

2. Aussereuropäische Arten:

a) **Weymouthskiefer oder Strobe** (*Pinus strobus L.*)

Kennzeichen: zu je fünf in einer Scheide sitzende, bis 10 *cm* lange, biegsame, dünne und zarte, auf der convexen Seite hellgrüne, an der inneren, ebenen Fläche bläulichweiss gestreifte Nadeln; hängende, cylinderförmige, nicht abfallende Zapfen: gerader Stamm mit glatter, weissgrauer Rinde; leichtes, weniger festes, weiches, harzreiches Holz mit zahlreichen Markstrahlen und breiten Splintringen.

Höhe: bis 60 *m*. Stammdurchmesser: bis 1·5 *m*.

Vorkommen: in Nordamerika, in Europa im Jahre 1705 eingeführt und seitdem vielfach angepflanzt. Die in Europa wachsenden Bäume erreichen nur eine Höhe bis 25 *m*.

Verwendung: hauptsächlich zu Möbeln.

b) **Weihrauchskiefer, amerikanische Terpentinkiefer, Fackelbaum** (*Pinus taeda* L.).

Kennzeichen: zu je drei in einer Scheide sitzende, dunkelgrüne, 12—20 *cm* lange Nadeln; ovale, gelbbraune, 8—10 *cm* lange Zapfen; schlanker Stamm mit tiefgefurchter Rinde; harzreiches, wohlriechendes Holz von grosser Haltbarkeit.

Vorkommen: in Virginia, Carolina und Canada.

Verwendung: als Nutzholz und zur Gewinnung von Colophonium, auch werden in Amerika aus dem Holze Fackeln hergestellt.

c) **Lambertskiefer, Zucker- oder Riesenkiefer** (*Pinus lambertiana Dougl.*), mit 8—13 *cm* langen, dunkelgrünen Nadeln, 30 *cm* langen, dunkelbraunen Zapfen und bis 60 *m* hohem Stamm. Heimat: vom Columbiafluss bis Mexico. — Aus den angebrannten Stämmen schwitzt ein süsser Stoff, California-Manna genannt, aus, welchen die Indianer als Zucker benutzen.

d) **Amerikanische gelbe Kiefer oder Yellow-Pine** (*Pinus mitis Mich.*).

Kennzeichen: sehr grosse, dunkle Harzporen; sehr dichte, meistens fein wellenförmige Jahresringe; schlanker Stamm mit nahezu splintfreiem, fast astreinem, sehr festem, schön hellgelbem, undurchscheinendem Holz.

Vorkommen: Nordamerika.

Verwendung: Das eine schöne Politur annehmende, gut anzustreichende und sehr dauerhafte Holz wird besonders zu Fussböden verwendet, die stark begangen werden, also in Kasernen, Schulen, Amts- und Gerichtsgebäuden, Turnhallen, Wartesälen, Restaurationsräumen, ferner zu Thüren, Fenstern und Aussenverschalungen.

Bemerkung: Yellow-Pine nennt man auch die in Nordamerika und Californien heimische *Pinus ponderosa Dougl.*, welche drei lange, dunkelgrüne Nadeln in je einer Scheide besitzt.

e) **Besenkiefer, Pitschpine** (*Pinus australis Mich.* oder *P. palustris*). — Abart der Terpentinkiefer.

Kennzeichen: 2·5—3·5 *cm* lange, zu je drei in einer Scheibe sitzende Nadeln; 15—20 *cm* lange cylindrische Zapfen; schweres, ungemein hartes, zähes, dichtes, grobfaseriges und sehr harzreiches, schön gelbliches oder gelbrothes, gegen das Licht gehalten röthlich durchscheinendes Kernholz und weisses, schweres Splintholz.

Vorkommen: in Nord- und Südcarolina und Georgia. Die Besenkiefer liebt einen sumpfigen Boden.

Alter der Reife: 150—200 Jahre. Höhe: bis 30 *m*. Stammdurchmesser: bis 1·2 *m*.

Verwendung: Das Pitschpine-Holz gilt in Amerika als das beste Bauholz und wird auch in neuerer Zeit in Europa an Stelle des Eichenholzes u. s. w. sehr viel angewendet. Es besitzt eine sehr grosse Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit, ist sehr elastisch, widersteht der Fäulniss sehr lange und wirft sich wenig. Man benutzt es namentlich zu den Arbeiten des inneren Ausbaues (Fussböden, Treppen, Thüren und Fenstern, Wand- und Deckentäfelungen), ferner im Wasser- und Brückenbau, zu Wasserleitungsröhren, Strassen-, Stall- und Hofpflasterungen, sodann im Schiffbau zu Raaen und Zwischendeckplanken u. s. w., auch zu Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen, Einfriedungen, Bühnen u. s. w. Die Besenkiefer dient endlich auch zur Gewinnung von Terpentin und Colophonium.

Bemerkung: Im Handel wird unter Pitschpine-Holz nicht nur das Holz von *Pinus australis*, sondern auch das von *Pinus cubensis Gr.*, *Pinus*

taeda m., *Pinus mitis Mich.* verstanden. In Amerika selbst nennt man Pitschpine das dortselbst nur als Brennholz Verwendung findende Holz der Pechkiefer (*Pinus rigida Mill.*).

§ 139. Lärche. — Ceder. — Cypresse.

1. Die Lärche oder Lärchentanne (*Larix europaea D.* oder *Pinus larix L.*). Dieser Kernholzbaum kommt in acht Arten in der nördlichen gemässigten Zone vor. Er besitzt einen verschieden breiten Splint, deutliche, feinwellenförmige Jahresringe mit scharfer, breiter, dunkler Grenze zwischen dem Frühjahr- und Sommerholz und sehr dünnes Mark. Als weitere Kennzeichen gelten: zarte, flache, weiche, 10—30 *mm* lange, hellgrüne, in Büscheln bis zu 60 Stück in einer Scheide sitzende und um die Zweige vertheilte Nadeln, welche unterseits eine erhabene Rippe besitzen, im Herbst welk werden und im November eines jeden Jahres abfallen; ovale, erbsengrosse, zuerst grüne, später weissgelbe, mit Stiel 5—10 *mm* lange, männliche Blüthenkätzchen; rundliche, mit Nadeln umgebene, anfangs grüne, später purpurrothe, ohne Stiel 10—15 *mm* lange, weibliche Blüthen; eiförmige, 2—2·5 *cm* lange, anfangs grüne, später dunkelbraune Zapfen; schlanker, häufig gekrümmter Stamm mit in der Jugend ledergelber und glatter Rinde, im Alter mit innen rothbrauner, aussen graubrauner, längsrissiger, dicker Borke bedeckt; pyramidenförmige Krone mit meist kurzen Aesten; dünne, weit ausladende, etwas überhängende, vertheilt stehende Aeste; im Splint gelblichweisses, im Kerne rothes oder rothbraunes, bei alten Stämmen mitunter dunkelgeflammtes, grobes, glänzendes, gleichmässig von Harz durchdrungenes, hartes, sehr zähes, elastisches, leichtspaltiges, wohlriechendes Holz mit ziemlich vielen 0·5 *mm* hohen Markstrahlen.

Alter der Reife: 80—100 Jahre. Höhe: gewöhnlich bis 33 *m*, ausnahmsweise bis 50 *m*. Stammdurchmesser: gewöhnlich bis 1·2 *m*, ausnahmsweise grösser.

Vorkommen: in den mittel- und südeuropäischen Gebirgen zwischen 500 und 2000 *m* Höhe, aber auch anderwärts (z. B. in Norddeutschland und Russland) angepflanzt. Die Lärche liebt einen lockeren, kalkhaltigen, nicht zu feuchten und nicht zu fetten Boden; auf nassem und sehr nahrhaftem Boden wird sie leicht rothfaul.

Verwendung. Das im Wasser steinhart werdende und unter demselben sowie in der Erde fast unverwesliche, aber auch im Witterungswechsel sehr dauerhafte, dem Wurmfrasse nicht unterworfene Holz, dessen Haltbarkeit mit Zunahme des Harzgehaltes wächst, liefert ein vorzügliches Bau- und Nutzholz. Man verwendet es zu Balken, Bohlen, Dachconstructionen (bei mittelalterlichen Kirchen oft zu finden), Tischlerarbeiten (Möbeln, Fenstern, Thüren, Parkettböden, Getäfel und Lambris); ferner zu Wasser-, Brücken- und Grundbauten, Wasserrinnen, Eisenbahnschwellen, Mühlrädern, Schiffbauten u. s. w. Das Lärchenholz wirft sich wenig, lässt sich leicht bearbeiten, gut und scharfkantig behauen und gilt als das werthvollste unserer einheimischen Nadelhölzer. Das Holz der in den Niederungen gewachsenen Stämme ist weiss, leicht, porös und für technische Zwecke, sowie als Brennholz von geringem Werthe. Aus dem Lärchenbaum wird der sogenannte venetianische Terpentin gewonnen, aus den Blättern und Knospen das sogenannte Lärchenmanna oder Manna von Briançon.

Abarten: *Larix sibirica Ledeb.*, bildet im nordöstlichen Russland (Sibirien) grosse Wälder;

Larix dahurica Turcz., im nordöstlichen Sibirien, Kamtschatka und Taurien heimisch;

Larix leptolepis Sieb et Zucc., in Japan wachsend;

Larix Griffithii Hook., in Mittelasien vorkommend;

Larix microcarpa Poir und *Larix pendula Salisb.*, beide in Canada und Virginien heimisch; u. s. w.

Das Holz aller dieser Lärchenarten besitzt im Allgemeinen dieselben Eigenschaften wie die europäische Lärche und findet auch die gleiche Verwendung.

2. Die Ceder.

Man unterscheidet drei Arten, nämlich:

a) **Die Ceder des Libanon oder den weissen Lärchenbaum** (*Larix cedrus Mill.*, oder *Cedrus libanotica Lk.*).

Kennzeichen: 2—3 *cm* lange, gewöhnlich zu etwa 30 in einem Büschel vereinigte, dunkelgrüne, dicht um die Zweige gestellte Nadeln; 6—10 *cm* lange, bis 8 *cm* dicke, eiförmig-kugelige, dunkelbraune Zapfen; gerader Stamm mit mächtiger schirmförmiger Krone, deren Aeste fast rechtwinklig vom Stamme abstehen und bis 8 *m* lang werden; fein- und langfaseriges, leichtes, festes, glänzendes, harzreiches, wohlriechendes, braunröthliches Holz.

Höhe: bis 40 *m*. Stammdurchmesser: bis 3 *m*.

Vorkommen: auf den Gebirgen Kleinasiens in Höhen von 1200—2100 *m*, auch im Taurusgebirge und auf Cypern heimisch; in Deutschland und England vereinzelt angepflanzt. Von den berühmten Cedern des Libanon, von denen viele Stämme zum Tempelbau in Jerusalem von König Salomo verwendet wurden, sind heutzutage nur noch etwa 400 Stück vorhanden.

Verwendung. Das weder dem Wurmfrass noch der Fäulniss ausgesetzte Holz dient hauptsächlich zu feineren Tischlerarbeiten, zur Herstellung von Schmuckkästchen, Bleistiftfassungen u. s. w. und im Orient als Räuchermittel. Im Alterthume fand das Cederholz z. B. auch zum Bau des Tempels der Diana in Ephesus Verwendung und aus Cederholz bestanden auch die uralten Thüren am Lateran zu Rom. Man benutzt das wohlriechende, helle und durchsichtige Harz zum Einbalsamiren von Leichen. — Aus der Ceder gewinnt man Oel (Cedernöl) und aus den Nadeln einen süssen Stoff (Cedernmanna).

b) **Die Deodora-Ceder oder indische Ceder** (*Cedrus Deodora Loud.*).

Kennzeichen: längere, dunklere, zartere Nadeln als die der Libanonceder; graciöser Stamm.

Vorkommen: auf dem Himalaya und anderen asiatischen Gebirgen in Höhen von 1300—3700 *m* grosse Waldungen bildend und im feuchten Klima gut aushaltend, daher auch in England fortkommend.

c) **Die Silberceder** (*Cedrus atlantica Manetti*).

Kennzeichen: steifere, stechende, spitze, etwas silbergrau schimmernde, meergrüne Nadeln; mehr cylinderförmige, an der Spitze abgeplattete Zapfen.

Vorkommen: auf dem Atlas in Algerien schöne Wälder bildend.

Verwendung: in der Kunsttischlerei. (Vergl.: Atlascederholz, § 134, 4.)

3. Die Cypresse.

Von der Cypresse kennt man 12 Arten; die wichtigsten sind:

a) **Die gemeine oder immergrüne Cypresse** (*Cupressus sempervirens L.*).

Kennzeichen: stumpfe,[1] gekielte, dunkelgrüne Nadeln; eiförmig-kugelige, bis 3 *cm* lange Zapfen mit 8—10 Schildern; spitzkegelförmige, meist sehr dichtästige Krone; schlanker Wuchs; aufrechtstehende vierkantige Zweige; weissgelbliches oder röthliches, feinfaseriges, ungemein festes, wohlriechendes Holz.

Höhe: bis 20 *m*. Stammdurchmesser: bis 90 *cm*. Alter bis 2000 Jahre.

Vorkommen: in Südeuropa, namentlich in Griechenland, ferner in Kleinasien, Persien und Nordafrika.

Verwendung. Das sehr dauerhafte und unter Wasser fast unverwesliche Holz wird in der Levante zu Zimmer- und Tischlerarbeiten, ferner zur Herstellung mancherlei Geräthe, zu Bleistiftfassungen u. s. w. verwendet. Das balsamisch riechende Harz wird in der Medicin benutzt, ebenso das aus dem Holze destillirte ätherische Oel, die Rinde, die Früchte und Zapfen. Die Cypresse gilt ihres düsteren Aussehens wegen als ein Sinnbild der Trauer und wird daher auf Friedhöfen vielfach angepflanzt. In Aegypten wurden im Alterthum aus ihrem Holze Götterbilder geschnitzt und Mumiensärge gefertigt, in Griechenland Tempeldecken hergestellt u. s. w. Die früheren aus Cypressenholz gefertigten Thüren der Peterskirche zu Rom stammten von der alten Basilica des Constantin und wurden erst nach 550jähriger Benutzung durch andere Thüren ersetzt.

Abarten:

1. ostindische Cypresse oder portugiesische Ceder, auch Ceder von Goa benannt (*Cupressus glauca Lamk.*), mit mächtiger Krone und graugrüner Rinde. Heimat: Südspanien, Portugal, Brasilien und Ostindien;

2. chinesische Trauercypresse (*Cupressus pendula Staunt.*), mit hängenden Zweigen. Vorkommen: China, Japan und im nördlichen Ostindien.

3. weisse Cypresse oder weisse Ceder (*Cupressus thyoides L.*). Vorkommen: in Sümpfen Canadas und Nordcarolinas. — Verwendung: als Bauholz (sehr geschätzt), kommt als weisses Cederholz in den Handel. Im Alterthume wurde das Holz vielfach (z. B. von den Phöniziern) zu Schiffbauten, ferner zur Herstellung kostbarer Truhen, Tempelthüren, Götterbilder u. s. w. benutzt;

4. *Cupressus torulosa Don.* — Heimat: Himalaya;

5. *Cupressus Lawsoniana A. Murr.* — Heimat: Californien.

b) **die Sumpfcypresse, Sumpfceder oder virginische Cypresse** (*Taxodium distichum L.*).

Kennzeichen: Zweizeilig stehende, zarte, linsenförmige, hellgrüne, im Herbst abfallende, den Zweigen angepresste Nadeln; ovale Zapfen; schlanker Stamm mit fast eirunder Krone; harz- und ölreiches, völlig ast- und splintfreies, feingefügtes, leichtes und hartes Holz von schöner, reiner, röthlich- oder weisslichgelber Farbe, mitunter auch mit schöner Maserung.

Höhe: nahezu bis 40 *m*. Stammdurchmesser: bis 4 *m*. Alter: bedeutend; die Cypresse des Montezuma in der Nähe der mexicanischen Stadt Oaxaca wird auf ein Alter von etwa 6000 Jahren (?) geschätzt.

Vorkommen: im Süden der vereinigten Staaten von Delaware und Virginia bis Florida und Mexico, auch in Californien. Der Baum liebt einen sumpfigen Boden.

Verwendung: in Amerika zur Herstellung von Dachschindeln, Hausgeräthen, Fässern u. s. w., ferner zu Fenstern, Thüren, Täfelungen, profilirten Leisten, Möbeln u. s. w. Das Holz wird auch in neuerer Zeit in Europa zumeist zu Tischlerarbeiten vielfach verwendet und führt wie das der *Cupressus thyoides* den Namen »weisses Cederholz«. Es lässt sich in trockenem Zustande glatt bearbeiten, nimmt eine gute Politur an und besitzt eine grosse Dauerhaftigkeit. Auch das Holz der in Mexiko wachsenden *Taxodium mucronatum Ten.* wird sehr geschätzt.

§ 140. Eibe oder Taxus.

Der Eibenbaum, gemeine Taxus, Ybe (*Taxus baccata*) besitzt fein zugespitzte, flache, ziemlich weiche und biegsame, glatte, oberseits glänzend dunkelgrüne, unterseits matt hellgrüne, giftige, immergrüne Nadeln, welche kammartig an den Zweigen sitzen, ferner eichelartige, in reifem Zustande rothe Früchte und ein im Splint gelbweisses, im Kern orangerothes Holz mit schönen ungeraden Adern in verschiedenen Schattirungen der Farbe. Das Holz ist harzarm und ohne Harzporen, schwer, elastisch, zähe und sehr dauerhaft.

Höhe: bis 17 *m* (als Strauch cultivirt bis 2·5 *m*). Stammdurchmesser: bis 60 *cm*. Alter: bis etwa 3000 Jahre.

Vorkommen: in fast ganz Europa in Ebenen und auf Gebirgen, auch in Algerien, Armenien und auf den Azoren.

Verwendung: Das sehr feine, dichtfaserige, fast unverwesliche und mit sehr schmalen Jahresringen ausgestattete Holz wurde in früherer Zeit viel zur Herstellung von Bogen und Armbrüsten verwendet und dient heutzutage zu feinen Tischler-, Drechsler- und Schnitzerarbeiten, auch zu Maschinentheilen u. s. w. Es besitzt von allen europäischen Nadelhölzern die grösste Härte, Festigkeit und Schwere, lässt sich gut schwarz beizen und wird dann dem schwarzen Ebenholz sehr ähnlich; dagegen nimmt es eine Schellackpolitur nur schwer an.

Abart: Canadische Eibe (*Taxus canadensis Willd.*).

D. Die Bearbeitung der Hölzer.

§ 141. Das Fällen der Bäume.

Es wurde bereits im § 111, 4 bemerkt, dass die Frage: »Welche Jahreszeit ist die geignetste für das Fällen der Bäume?« von den Fachleuten verschieden beantwortet wird. Wir ergänzen die dortigen Mittheilungen durch folgende:

Von Alters her gelten die Wintermonate November bis Februar als beste Fällzeit des Holzes und namentlich die Zeit vom 15. December bis zum 15. Januar. Obwohl nach den neueren Untersuchungen (z. B. von Nördlinger) der Qualitätsunterschied zwischen dem im Sommer und dem im Winter gefällten Holze nur ein geringer ist, sofern ersteres im Zustande vollkommener Trockenheit verwendet wird, spricht für den Winter der

Umstand, dass in dieser Jahreszeit die Tagelöhne billiger und die festgefrorenen oder beschneiten Waldwege besser befahrbar sind, und dass das Holz nicht sofort nach dem Fällen entrindet zu werden braucht, weil es im Winter nicht so leicht erstickt und nicht von Insecten angegangen wird. Es können aber Umstände eintreten, die das Fällen der Bäume im Sommer mindestens wünschenswerth erscheinen lassen, wie z. B. starke Schneefälle im Hochgebirge, welche das Fällen sehr erschweren, unter Umständen sogar unmöglich machen, oder anhaltendes Frostwetter, weil gefrorenes Holz eine grosse Sprödigkeit besitzt und befürchtet werden muss, dass der Stamm beim Aufschlagen auf den harten Boden Waldrisse erhält oder zerschellt, und weil auch die zum Fällen benutzten Werkzeuge (Axt und Säge) sehr leicht stumpf werden, oder heftige Winde, welche die Bäume umwerfen, bevor sie genügend eingekerbt sind, wodurch ein Zersplittern der Stämme herbeigeführt werden kann, u. s. w. Auch andere Rücksichten, z. B. die Verwüstungen durch Insecten (im Schwarzwald und in den Vogesen durch den Borkenkäfer), machen das Fällen im Sommer oft nothwendig. In einigen Gegenden (z. B. in Catalonien und Neapel) gilt der Sommer (Juli und August) für die beste Hiebzeit; in England fällt man das für den Schiffbau bestimmte Eichenholz im Sommer; auch Eschenholz wird vielfach im Sommer gefällt, weil man gefunden haben will, dass es dann eine längere Dauer besitzt und weniger dem Wurmfrass unterworfen ist. Nach Rondelet soll man Spalthölzer im Sommer fällen, weil sie sich dann leichter spalten und reissen lassen, ebenso alle diejenigen Laubhölzer, deren Rinde einen Handelsartikel bildet (wie z. B. Korkeiche, Eller, Esche und Birke), weil sich alsdann die Rinde leichter abschälen lässt.

Die früher weit verbreitete Ansicht, dass die Laubbäume bei abnehmendem Monde, Esche und Nadelhölzer aber bei zunehmendem Monde gefällt werden müssten, wird heutzutage wohl von Niemandem mehr getheilt.

Man kann das im Winter gefällte Holz von dem im Sommer geschlagenen nach Prillieux durch die Jodprobe leicht unterscheiden. Behandelt man nämlich den Querschnitt des Holzes mit einer Jodlösung, so erscheinen bei dem im Winter gefällten, mit Stärkemehl erfüllten Holze die Markstrahlen und gewisse Stellen des Holzparenchyms als blauschwarze Linien auf dem hellen Grunde der Zellwände, Fasern und Gefässe, während bei dem im Sommer gefällten Holze die Markstrahlen etwas heller gelb gefärbt als der Grund erscheinen.

Zum Fällen der Bäume benutzt man eine langgestielte Axt (Fällbeil) oder eine grosse Säge. Beim Fällen mit der Axt (Stämmen oder Schroten) wird der Baum zunächst auf der Seite, nach welcher er fallen soll, wagrecht eingekerbt, so dass sich der Einschnitt 30—45 *cm* (bei dicken Stämmen auch noch höher) über dem Erdboden befindet und etwas über die Stammmitte hinausreicht; letzteres ist nothwendig, um ein Aufreissen des Holzes beim Sturz zu verhüten. Auf der entgegengesetzten Seite, jedoch etwas höher und in schräger, abwärts führender Richtung wird eine zweite Kerbe eingehauen (Fig. 262) oder ein Sägeschnitt geführt und schliesslich der Baumstamm mit Hilfe von Keilen u. s. w. umgeworfen. Dasselbe Verfahren wird beim Fällen mit der Säge (Abtrummen) eingeschlagen; den ersten Einschnitt kann man dann erheblich tiefer, ja mitunter sogar dicht über dem Erdboden

ausführen (Fig. 263). Es ist üblich dickere Stämme (mit mehr als 25 *cm* Durchmesser) mit der Axt, schwächere Stämme mit der Säge zu fällen.

Eine dritte Fällmethode ist das Ausroden; hierbei wird der Baum allmälig untergraben, dann sein Stamm vom Wurzelwerk getrennt und hierauf der Sturz mit Hilfe einer Hebelade herbeigeführt. Man wendet das Ausroden hauptsächlich bei solchen Bäumen an, welche wenig verzweigte und wenig tiefgehende Wurzeln besitzen und im unteren Theil ihres Stammes ein besonders werthvolles Kernholz liefern oder ein so leichtspaltiges Holz haben, dass ein Aufschlitzen desselben bei Anwendung der beiden anderen Fällmethoden zu befürchten ist.

In Amerika hat man schon vor Jahren versucht, die Bäume mittelst Platindrähte, welche durch elektrische Batterien zum Glühen gebracht wurden, zu fällen, und behauptet, dass bei diesem Verfahren die Fällung nicht nur sehr schnell, sondern auch ohne jeden Holzverlust erfolge. Da diese Methode eine weitere Verbreitung nicht gefunden hat, so darf man wohl annehmen, dass bei weiteren Versuchen die Ergebnisse nicht befriedigt haben. Ferner hat man in Amerika Sägemaschinen construirt, von denen namentlich die Folding Sawing Machine, welche in Chicago gebaut wird, sehr gelobt wird. Diese zusammenlegbare Maschine soll nur 18 *kg* wiegen, nur einen Mann zur Bedienung verlangen und so aufgestellt werden können, dass man den Baum entweder dicht über dem Erdboden oder in etwa 80 *cm* Höhe über demselben fällen oder den gefällten Stamm in Bretter zersägen kann. Auch die von A. Ransome in London gebaute Sägemaschine wird empfohlen; Näheres über dieselbe findet man in »Dingler's polytechn. Journal«, 1878. —

Die Seite, nach welcher der Stamm fallen soll, muss so gewählt werden, dass der Stamm selbst und die benachbarten Bäume möglichst geschont werden und der gefällte Stamm leicht abgefahren werden kann, der Wagen, auf dessen Vordergestell das Stammende ruht, also nicht gedreht zu werden braucht. Es empfiehlt sich, den Stamm gegen den Berg fallen zu lassen, die Wucht des Sturzes durch Ausbreiten von Reisig auf dem Boden zu mildern, weit ausladende Aeste des Baumes vor dem Fällen zum Schutze der Nachbarbäume zu entfernen und mit Hilfe von an der Krone des Baumes befestigten Seilen den Sturz nach der gewünschten Richtung zu lenken und zu beschleunigen und endlich dafür zu sorgen, dass der Baum nicht auf Felsblöcke oder Wurzelstöcke falle, weil dadurch Waldrisse im Stamme hervorgerufen werden können.

Nach dem Fällen werden die Laubhölzer, je nachdem sie mehr oder weniger zum Ersticken neigen, sogleich oder später, ganz oder theilweise (in schraubenförmigen Streifen) entrindet, damit das weiche und dem Wurmfrass leicht ausgesetzte Splintholz gut austrocknen kann. Dass diese Austrocknung nicht zu schnell erfolgen darf, weil dann leicht ein Reissen des Holzes eintritt, wurde bereits früher bemerkt. Nadelhölzer lässt man meistens längere Zeit in der Rinde liegen, um starke Ausschwitzungen von Harz zu verhüten, welche die Dauer und Elasticität des Holzes vermindern würden. Im Frühjahr gefällte Bäume sollen zweckmässig so lange liegen bleiben, bis sie neue Triebe angesetzt haben, weil hierdurch schädliche Saftbestandtheile aus dem Holze entfernt werden. Wird ein Baum im Sommer gefällt, so lässt man seine Blätter vor dem Entrinden abwelken, weil sie das Aus-

trocknen begünstigen. Man legt auch häufig den Stamm sofort auf Holzstücke oder Steine, weil seine Austrocknung beim Liegen auf feuchtem Boden behindert wird, und wählt dabei gern eine geneigte Lage, so dass das Zopf- oder Wipfelende niedriger liegt als das Stamm- oder Wurzelende, weil bei dieser Lage das Ausfliessen des Saftes befördert wird. Selbstverständlich müssen aus dem Stamm vor dem Austrocknen alle faulen und ungesunden Stellen, an denen die Gährungsprocesse beginnen, beseitigt werden. Nicht ausgetrocknet zu werden braucht Holz, welches zu Grundbauten Verwendung finden soll.

Vor dem Transporte müssen alle Aeste und derjenige Theil der Krone, welcher als Bauholz nicht brauchbar ist, abgehauen werden; häufig wird auch zur Erleichterung des Transportes der Stamm vierkantig behauen (bewaldrechtet, Fig. 264), indessen ist dieses Verfahren nicht zu empfehlen.

Der Transport aus dem Walde erfolgt entweder auf schmalspurigen, aus zwei verschieden hohen Gestellen bestehenden und mit sehr breiten Radfelgen versehenen, sogenannten Blockwagen oder auf Schlitten und bei steilen Gebirgsabhängen auch auf sogenannten Rutschen (Holzleitungen); weiter werden die Stämme am besten auf dem Wasserwege mittelst Flössen transportirt.

Die Frachtkosten verhalten sich nach B. Kässner bei einer Transportweite von 25 Kilometern und gleichem Gewicht wie folgt:

Gespann	Eisenbahn	Schiff	Flössen
1	0·216	0·132	0·121

und wenn man bei den drei letztgenannten Beförderungsarten noch das Rollgeld für An- und Abfuhr hinzurechnet und eine Entfernung von drei Kilometern vom Lagerplatz bis zur Abfuhrstelle annimmt, folgendermassen:

Gespann	Eisenbahn	Schiff	Flössen
1	0·298	0·262	0·200

§ 142. Eintheilung des Holzes.*)

Man unterscheidet: Bauholz, Werk- oder Nutzholz, Brennholz und Strauchholz.

Das Bauholz, welches hauptsächlich vom Zimmermann bearbeitet und zur Herstellung von Balkenlagen, Dachconstructionen, Fachwerkswänden, u. s. w. verwendet wird, theilt man ein in:

1. Rundholz oder unbeschlagenes Holz, das mit oder ohne Rinde und ohne jede Bearbeitung mit der Axt geliefert wird. Nach Länge und Stärke unterscheidet man bei demselben:

a) extrastarkes übergriffiges Bauholz, 14—16 *m* lang, 34—36 *cm* Zopfstärke und 48 *cm* Stammenden-Durchmesser;

b) starkes griffiges oder ordinärstarkes Bauholz, 12—14 *m* lang, 29—34 *cm* Zopfstärke und 42 *cm* Stammenden-Durchmesser;

---

*) Nach: Th. Krauth und F. S. Meyer, »Die Bau- und Kunstzimmerei«, Bd. I, S. 74—76. — »Handbuch der Baukunde«, Abth. I, Bd. I, S. 19 und 20. — Gottgetreu, a. a. O., S. 479—484, — u. A.

c) Mittelbau- oder Riegelholz, 9—12 *m* lang, 20—26 *cm* Zopfstärke und durchschnittlich 36 *cm* Stammenden-Durchmesser;

d) Kleinbau- oder Sparrholz, 9—11 *m* lang, 15—20 *cm* Zopfstärke;

e) Bohlstämme, 7—9 *m* lang, 12—14 *cm* Zopfstärke.

f) Lattstämme, 6—7 *m* lang, 8—11 *cm* Zopfstärke.

g) Schwammbau- oder rindschäliges Holz, 9—12 *m* lang, 21 bis 26 *cm* Zopfstärke.

h) Sägeblöcke oder Sägeklötze (Langholz-Abschnitte) 5—8 *m* lang, 36—47 *cm* Zopfstärke.

Die Zopfstärke der Rundhölzer wird nach dem Durchmesser von 2 zu 2 *cm* in geraden Zahlen ausgedrückt und die Länge nach Abstufungen von 20 zu 20 *cm* festgesetzt, wobei eine übrigbleibende Länge unter 20 *cm* unberücksichtigt bleibt. Bei Bearbeitung von Rundholz in der Forst wird den Blöcken ein Aufmaass von 10 *cm*, den Langhölzern ein solches von 15 *cm* gewährt.

2. Kantholz oder bearbeitetes Holz, welches mit der Axt oder dem Beil (Zimmermanns- oder Bundaxt, Quer- und Zwerchaxt, Stoss- oder Stichaxt, Breit-, Dünn- oder Zimmerbeil oder Handbeil) bearbeitet oder besser mit der Säge zugeschnitten wird. Man theilt dasselbe ein in:

a) Ganzholz (Fig. 265), wenn aus dem Stamm nur ein Stück, dessen Querschnitt sich zwischen dem quadratischen und demjenigen grösster Tragfähigkeit (Breite: Höhe $= 5:7$, genauer $= 1:\sqrt{2}$) bewegt, geschnitten wird.

b) Halbholz (Fig. 266), wenn aus dem Stamm zwei gleich grosse Stücke geschnitten werden, deren Breiten sich zu den Höhen verhalten wie 5:7 bis 5:10.

c) Kreuzholz (Fig. 267 und 268), wenn aus dem Stamm vier Stücke geschnitten werden.

Auch bei der Berechnung der Länge von Kanthölzern gilt die beim Rundholz angegebene Regel.

Beim Verbandholz sind folgende Stärken gangbar:

8/8, 8/10, 10/10, 10/12, 12/12 (für Fachwerkswände), 12/15, 13/16, 13/18, 13/21, 13/24, 13/26, 15/15, 15/18, 15/21, 15/24, 15/26, 18/18, 18/21, 18/24, 18/26, 21/21, 21/24, 21/26, 21/28, 24/24, 24/26, 24/28 und 25/31 *cm*.

3. Schnittholz, welches durch Zersägen der Sägeblöcke oder Sägebäume auf den Sägemühlen oder mittelst der sogenannten Schrotsäge erhalten wird. Letztere wird von zwei oder mehreren Arbeitern geführt und der Stamm entweder über Sägegruben oder auf Sägegerüste gelegt, die sich etwa in Mannshöhe über dem Erdboden befinden. Die Benutzung von Sägegerüsten ist weniger zu empfehlen, weil der Stamm auf sie gehoben werden muss. — Das Schnittholz theilt man ein in:

a) Bohlen (Planken oder Flecklinge) von 5—13 *cm* Stärke. Die gangbarsten Stärken sind: 5·0, 6·5, 8·0, 10·5 und 13 *cm*.

b) Dielen von 3—5 *cm* Stärke. Im Besonderen nennt man Schleifdielen, welche namentlich in Holland viel verwendet werden, solche von 3·6 *cm* Stärke, 29 *cm* Breite und 4·56 *m* Länge. Die gangbare Länge der

Dielen ist 4·5 *m*, gangbare Breiten sind 14·5, 17, 19, 21·5, 24, 26·5, 29, 31·5 und 34 *cm*, gangbare Stärken: 3·0, 3·5 (oder 3·6), 4·0 und 4·8 *cm*.

c) Bretter oder Borde von 0·6 bis 3·5 *cm* Stärke. Bretter von weniger als 2 *cm* Stärke werden als schwache Sorten bezeichnet. Sattelbretter oder Brettseiten sind Bretter von 3 *cm* Stärke. Die Brettlänge ist in den einzelnen Ländern eine verschiedene; sie beträgt in den östlichen Provinzen Preussens und in Schlesien 7·5 *m*, im Elbholzhandel 3·5, 4, 4·5, 5 und 5·5 *m*, am Rhein und Main 3·4 und 4·5 *m*, in Oberbayern 4·7 und 5·8 *m* u. s. w.

Die gangbarsten Brettstärken sind: 1·3, 1·7, 2·0, 2·6 und 3·3 *cm*.

Für ungehobelte Bretter, Dielen und Bohlen sind die angegebenen Stärken nominelle; die wirklichen Stärken werden 3·5 *mm* grösser geliefert als diese, ebenso auch die wirklichen Längen um 5—8 *cm* grösser als die nominellen. Alle Masse gelten für genügend getrocknetes Holz.

Die Bohlen, Dielen und Bretter kommen entweder ungesäumt (Baden, Schweiz u. s. w.) oder gesäumt (z. B. in Norddeutschland) in den Handel; im letzteren Falle sind die Baumkanten an den Enden abgeschnitten. Man unterscheidet:

reine oder ganz reine Waare, welche ohne Aeste ist und ein gleichfarbiges, sauberes und schlichtes Holz besitzen;

halbreine Waare mit wenigen kleinen und gut verwachsenen Aesten;

ordinäre Waare mit losen, schwarzen, etwas grösseren Aesten; beste Sorte führt auch den Namen »halbgeschlacht«.

Schal- und Kistenbretter, auch Brennbord genannt, mit groben Aesten und zerrissenen Theilen ohne Fehlen eines Theiles;

Ausschusswaare, minderwerthige Waare.

d) Latten. Man unterscheidet:

starke Latten oder Doppellatten, 8 *cm* breit und 4—5 *cm* hoch;

schwache Latten oder Dachlatten, 6·5 *cm* breit und 4 *cm* hoch;

Spalierlatten, 4 *cm* breit und 2—4 *cm* hoch.

Die Länge der Latten beträgt meistens 4·5 *m*.

welche glatter, gleichmässiger und billiger sind als die gespaltene Waare, jedoch leichter reissen und sich mehr werfen. Die in holzreichen Gebirgsgegenden sehr verbreiteten Schindeldächer werden durch aufgelegte schwere Steine gegen Sturm gesichert.

Das **Werk- oder Nutzholz** wird von Tischlern, Drechslern, Stellmachern, Böttchern, Instrumentenmachern, Maschinenbauern u. s. w. verarbeitet und stellt im Allgemeinen das Holz harter Baumarten dar. Man stellt aus ihm 1·5—3·0 *cm* starke Bretter, Rahmenschenkel von etwa 4·5 *cm* Stärke, 1·5—6 *mm* dicke, zum Belegen von Möbeln, Kästen und zu Decorationsarbeiten dienende Fourniere u. s. w. her.

Das Holz, welches weder als Bauholz noch als Nutzholz verwendet werden kann, wird als **Brennholz** benutzt und kommt in Scheiten oder Kloben, als Knüppel- oder Prügelholz, Stockholz oder Reisig in den Handel. Beim Scheitholz beträgt die reine Holzmasse nur etwa 70%, beim Knüppelholz circa 60% und beim Reisig sogar nur 50%.

Strauch- oder Faschinenholz, welches im Wasser- und Schanzenbau Verwendung findet in Form von verschieden dicken und verschieden langen, mittelst Weinbänder zusammengehaltenen Bündeln, liefert das gerade, nicht zu spröde Reisig der Weide, Birke, Erle, Fichte, Tanne u. s. w.

Berechnung des Holzes. Es ist üblich Rundholz, Verbandholz, Balken, Doppellatten und Bohlen nach Cubikmetern, Bretter nach Schock zu 450 *m* Länge oder auch nach Cubikmetern und schwache Latten nach Schok zu 450 *m* Länge zu berechnen.

Der Preis des Schnittholzes richtet sich nach der Güte und der Stärke der Waare und es stellen sich dickere Schnitthölzer verhältnissmässig billiger als dünnere, weil bei letzteren durch die zahlreicheren Sägefugen ein grösserer Holzverlust eintritt und die Kosten des Zersägens sich erhöhen.

§ 143. Beschlagen und Beschneiden (Zersägen).

Der gefällte Baumstamm wird durch Beschlagen oder Beschneiden in die gewünschte Gestalt gebracht. Vor Beginn dieser Arbeit werden die beiden Enden des Stammes mittelst der Quersäge normal zur Achse abgeschnitten. Diese Säge besitzt ein in der Mitte 12—17 *cm*, an den beiden Enden nur 9—13 *cm* breites, 1·33—1·68 *m* langes und 1·5—2 *mm* dickes Blatt mit spitzwinkelig-dreieckigen oder M-förmigen Zähnen; Gestalt und Zahnbildung sind demnach bei diesem Werkzeug so gewählt, dass das Sägeblatt nicht durch Abnutzung inmitten concav werden und nach beiden Richtungen schneiden kann. Auf den beiden Hirnholzflächen wird die Querschnittsfigur (Quadrat, Rechteck u. s. w.) aufgezeichnet, und es werden von einem Querschnitt zum anderen auf der Oberfläche des Stammes diejenigen Linien aufgeschnürt, nach denen das rohe Holz abgearbeitet werden soll. Zum Auf- und Abschnüren benutzt man eine mit Kreide, Kohle oder einem anderen Farbstoff bestrichene Schnur, welche straff angezogen, dann in der Mitte etwas in die Höhe gehoben und wieder fallen gelassen wird, wobei sie auf dem Holz einen geraden farbigen Strich erzeugt.

Beim rechtwinkeligen Beschlagen legt man den Stamm auf Hau- oder Zimmerböcke oder auf eine andere geneigt liegende, hölzerne Unterlage und befestigt ihn darauf mit eisernen Klammern. Hierauf stellt der

Zimmermann mit der etwa 30 *cm* langen und einen 90—100 *cm* langen Stiel besitzenden Axt (Bundaxt, Bandhacke), deren gerade Schneide etwa 8·5—10 *cm* lang ist, in Abständen von circa 1 *m* rinnenförmige Querkerbe bis zur ungefähren Tiefe der Seitenfläche des Kantholzes her und haut dann mit dieser Axt oder dem Handbeil (mit einseitig zugeschliffenem Meissel mit etwa 32 *cm* langer, in der Regel etwas gekrümmter Schneide) die zwischen den Stichen stehen bleibenden Theile ab. Schliesslich werden die entstandenen Flächen mit diesem Breitbeil geglättet (abgebeilt).

Da bei diesem Verfahren Gestalt und Maass des Querschnittes von der Geschicklichkeit des Zimmermanns abhängen, saubere Flächen nicht erzielt werden können und meistens Holz verschwendet wird, so kommt dasselbe immer mehr und mehr ausser Gebrauch. Weit empfehlenswerther ist das billigere Beschneiden der Stämme (Sägeblöcke), welches mit Handsägen oder mit Sägemaschinen (auf Schneidemühlen) ausgeführt wird.

Beim Beschneiden aus freier Hand benutzt man die sogenannte Schrotsäge, deren Blatt eine Länge von 1·60—1·75 *m* (in England auch bis 2·44 *m*), eine obere Breite von 16—17·5 *cm*, eine untere von 10—12 *cm*, eine Dicke von 2—2·4 *mm* und dreieckige Zähne oder sogenannte Wolfszähne besitzt, deren Spitzenlinie etwas gegen die Verticale geneigt ist. Diese Säge, welche nur beim Niedergang schneidet, wird an Handgriffen von zwei Arbeitern geführt, von denen der eine auf dem Gerüst oder über der Sägegrube steht und das Sägeblatt nach dem Schnurschlage leitet.

Zum Zersägen grösserer Klötze aus werthvollem Holze in möglichst dünne Platten (Fourniere) dient die Klob- oder Fourniersäge, welche ebenfalls von zwei Mann geführt wird und nur beim Niedergange schneidet und aus einem starken, rechteckigen Holzrahmen von etwa 60 *cm* Breite und 1·4—1·5 *m* Höhe besteht, in dessen Mitte das 10—12 *cm* breite und nur 0·5—0·8 *mm* dicke, mit stumpfwinkelig- oder rechtwinkelig dreieckigen Zähnen, mitunter auch mit Wolfszähnen ausgestattete Sägeblatt von einem Querholz zum anderen mittelst Schraube eingespannt ist.

Bedeutend grössere Leistungsfähigkeit besitzen die Sägemaschinen, die in den verschiedensten Constructionen in den Handel kommen. Man theilt diese Maschinen ein in:

1. Rahmensägemaschinen (Gattersägen, Säge- oder Schneidemühlen). Sie bestehen aus einem viereckigen, hölzernen oder eisernen Rahmen, dessen Längsseiten (Gatterschenkel) an Leitstangen (Gattersäulen) gewöhnlich geradlinig geführt werden. Man unterscheidet Vertical- und Horizontalgatter. Erstere besitzen entweder ein Sägeblatt in der Mitte (Mittel- oder Blockgatter) oder an der Seite (Schwarten- oder einfache Saum-Gatter) oder zwei Sägeblätter an den Seiten (Doppel- oder Saumgatter) oder bis 18 symmetrisch zur Mitte des Gatters und verstellbar eingerichtete Sägeblätter (Bund- oder Vollgatter), welche fast in senkrechter Richtung schneiden und Wolfszähne oder rechtwinkelig-gleichschenkelige Dreieckzähne oder spitzwinkelig-gleichschenkelige Dreieckzähne oder backenzahnähnliche u. s. w. Zähne besitzen. Bezeichnet man mit z die Anzahl der Sägeblätter, so erfordert das Verticalgatter zu seinem Betriebe eine Kraft von $N = 4 + \frac{5}{8} z$ Pferdestärken. Die Anzahl der Doppelhübe beträgt 180—250 in der Minute, die Hubhöhe 40—100 *cm*, die Geschwindigkeit für einfache und leichte

Gatter 3·5—4 *m*, für Bund- und schwere Gatter 2·5—3·1 *m* in der Secunde, der Klotzvorschub 0—6 *mm* für jeden Schnitt.

Da Verticalgatter zu ihrer Aufstellung eine bedeutende Höhe und einen schweren Bau verlangen, auch bei ihnen der Kraftverbrauch ein weit grösserer ist, so zieht man oft Horizontalgatter vor, namentlich aber, wenn es sich darum handelt, werthvolle Hölzer zu Fournieren oder Halbfournieren zu zerschneiden. Diese Gatter erhalten meistens nur ein Blatt, welches beim Hin- und Rückgang des Gatters schneidet, so dass der Sägeblock stetig vorgeschoben werden kann. Das Blatt wird mit einer so grossen Geschwindigkeit bewegt, dass es in der Minute 300—600 Schnitte macht. Der Hub beträgt 52—68 *cm*, der Klotzvorschub 1—6·5 *mm* pro Doppelschnitt, der Kraftverbrauch 2·5—5 Pferdestärken. Horizontalgatter besitzen einen sicheren Gang. Sie können auch statt des Sägeblattes ein Messer erhalten, welches einen ziehenden Schnitt ausführt, durch welchen sehr glatte Holzflächen erzeugt werden, die nicht nachgehobelt zu werden brauchen.

Sollen aus dem Sägeblock Bretter geschnitten werden, so erhält das Blatt eine Länge von 1·2—2·2 *m*, eine Breite von 12·5—25 *cm* und eine Dicke von 1·25—2·5 *mm*, sollen aber aus dem Klotz Fournierblätter gewonnen werden, so wählt man ein Blatt von 1·5—2·5 *m* Länge, 10—90 *cm* Breite und nur 0·3—1·1 *mm* Dicke.

Das Sägegatter wird durch Wasser-, Dampf- oder Windkraft in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt. Der Sägeblock ruht auf einem sogenannten Klotz- oder Blockwagen oder auf einem Schlitten, welcher auf zwei horizontalen Balken (Strassbäumen) durch ein Schaltwerk gegen das Gatter vorgeschoben wird, oder besser auf Schienen laufenden eisernen Karren oder endlich nur auf Rollen.

Die besten Fourniergatter liefern aus einem 2·5 *cm* dicken Brett 16—18 Plättchen.

2. Bandsägemaschinen. Dieselben besitzen ein 5—9 *m* langes, sehr dünnes und sehr biegsames, 2·5—10 *cm* breites Band mit sämmtlich nach einer Richtung stehenden, rechtwinkeligen oder stumpfwinkeligen Dreieckzähnen, das an beiden Enden schwalbenschwanzförmig aneinandergefügt und hart gelöthet ist. Dieses Band ist treibriemenartig über zwei (mitunter auch 3) vertical übereinander gelagerten, mit Leder oder Gummi überzogenen, oberhalb und unterhalb des Schnittes durch verstellbare Holzklötze seitlich und im Rücken geführten Rollen von 65—125 *cm* Durchmesser gelegt, welche in Umdrehung versetzt werden, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 3—5 *m* beim Hand- oder Fussbetrieb und mit einer Geschwindigkeit von etwa 20 *m* in der Secunde beim Maschinenbetrieb. Die obere Rolle wird möglichst leicht hergestellt und so gelagert, dass man das Blatt mittelst Federn, Gummibuffer oder Gegengewichte stets in gleicher Spannung erhalten kann. Der von Hand oder selbstthätig bewirkte Vorschub des Sägeblockes beträgt etwa 40—48 *mm* in der Secunde, wenn der Block etwa 22 *cm* Höhe besitzt. Bandsägemaschinen besitzen eine grössere Leistungsfähigkeit als Gattersägen, weil ihre Säge niemals leer geht, eine grössere Geschwindigkeit besitzt und an zwei Stellen ununterbrochen schneidet.

Der Kraftverbrauch beträgt bis zu 6 Pferdestärken.

3. Kreissägen (Zirkelsägen, rotirende Sägen). Das Blatt ist eine mit rechtwinkeligen oder stumpfwinkeligen Dreieckzähnen (bei grossen Sägen

auch mit Wolfszähnen) ausgestattete, kreisrunde Stahlscheibe von 0·1
Durchmesser und 0·5—3·5 *mm* Dicke, welche um eine horizont
mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 40—50 *m* in der Secunde
kreissägen und von etwa 30 *m* in der Secunde bei Querkreissäge
Menschen- oder Maschinenkraft gedreht wird, wobei sie ohne Unte
schneidet, weshalb der Sägeblock in einer ununterbrochenen u
mässigen, von Hand oder selbstthätig durch Taue, Ketten, Wa
Wagen bewirkten Bewegung an die Säge herangeführt werden mus
Vorschub erfolgt mit einer Geschwindigkeit von 1:500 bis 1:50
Umfangsgeschwindigkeit, je nach Stärke und Art des zu schneidenden H
den Fournierkreissägen beträgt die Umfangsgeschwindigkeit 25
der Secunde, der Vorschub = 1:800 derselben, der Kraftverbrauch 4—
stärken; bei den gewöhnlichen Kreissägen steigert sich der Kraft
bis zu 20 Pferdestärken.

Mit Hilfe der Kreissägen lassen sich nur Hölzer schneide
dünner sind als der Halbmesser des Sägeblattes. Man verwendet di
hauptsächlich zum Schneiden von dünnen Brettern und Fournieren,
Säumen von Brettern; man kann sie aber auch zur Ausarbeitung v
benutzen, wenn man die Ebene des Blattes etwas gegen die Ach
derartige Sägen führen den Namen Taumelsägen; die Breite
hängt von der Schiefstellung des Blattes ab. Selten werden mehr
sägeblätter nebeneinander verwendet.

4. Schweifsägen (Decoupier-, Ausschneide- oder Wi
mit welchen aus Holzplatten (Fournieren) nach Zeichnungen Figuren
legte Arbeiten ausgeschnitten werden. Hubhöhe: 90—180 *mm*, A
Hübe: 600—900 in der Minute, Kraftverbrauch etwa ½ Pferdest

Für feine Einlegearbeiten benutzt man auch Laubsägem
mit eingespanntem Blatt, das seine Bewegung durch eine an einen
hebel angreifende Schubkurbel erhält.

5. Cylindersägen, welche zum Rundschneiden von Bo
Brettern dienen, die auf einer im Kreise sich drehenden Unterla

Zum Zersägen, zur Herstellung von Zapfen und Zinken u. s
Ausschneiden von Laubwerk, zu eingelegten Arbeiten u. s. w. we
Handsägen benutzt, von denen als die wichtigsten anzuführen sin

1. der Fuchsschwanz, eine breite, kurze, mit sehr kleine
winkelig- oder rechtwinkelig-dreieckigen Zähnen ausgestattete und
Handgriff versehene, meistens vom Griff bis zum Ende schmäler
Säge von im Mittel 3·8—10·8 *cm* Breite, 0·75—1·5 *mm* Dicke und 1
Länge. Ihr Rücken ist zur Erhöhung der Steifigkeit gewöhnlich
eisernen oder messingenen Fassung verstärkt (Rückensäge). Ma
sie hauptsächlich da, wo man mit einer gewöhnlichen Säge
kommen kann.

2. die Stichsäge (Spitz- oder Lochsäge), ein Fuchsschwanz
Ende 0—6 *mm*, am Griff 7—30 *mm* breitem, 0·9—1·6 *mm* dickem und
langem Blatt, dessen Zähne ungeschränkt sind, um dem Blatte eine
Steifigkeit zu verleihen. Man verwendet sie zur Ausführung krummer
Ausschweifungen, Durchbrechungen sowie runder und anderer L
deren Herstellung der gewöhnliche Fuchsschwanz nicht benutzt wer

3. die *Gratsäge* mit einem etwa 17 *cm* langen, oft das Stück einer zerbrochenen Säge darstellenden Blatt, welches in einen hölzernen Griff so eingelassen ist, dass es auf seiner ganzen Länge nur um die beabsichtigte Schnitttiefe aus dem Holzstück vorsteht und die Zähne mit der Brust letzterem zugekehrt sind. Mit dieser Säge stellt man schräge Schnitte her, welche die Seiten eines Grates bilden sollen, sowie solche Schnitte, die nur zum Theil in das Holz reichen sollen.

4. die *Zapfensäge* (Fourniersäge), deren Blatt mittelst Schrauben auf der ebenen Unterfläche eines passend geformten Holzgriffes von 10 *cm* Länge und 5 *cm* Breite so befestigt ist, dass Griff und Blatt im Querschnitt die Gestalt eines Winkeleisens besitzen (Griff senkrechter, Blatt wagrechter Schenkel desselben). Dieses, meist zweischneidig eingerichtete Blatt liegt, auf die Arbeitsfläche gelegt, etwa 10—15 *mm* frei und dient zum Abschneiden von aus der Oberfläche des Arbeitsstückes hervorragenden Theilen (z. B. von Zapfenenden, heraustretenden Fourniertheilen u. s. w.).

5. die *Absetzsäge*, welche einem Nuthhobel ähnlich eingerichtet und mit Anschlag versehen ist und zum Absetzen von Zapfen, zum Zinken u. s. w. verwendet wird. Ist der Anschlag beweglich angeordnet, so nennt man die Absetzsäge *Quadriersäge*. Die *doppelte Absetzsäge* besteht aus zwei verschiebbar eingerichteten und mit Schrauben zusammengehaltenen Absetzsägen, deren Blätter mit den Zähnen einander zugekehrt sind und in einer Ebene liegen. Diese Säge führt auch den Namen *doppelte Zapfenbrustsäge*.

6. *die doppelte Zapfen- oder Schlitzsäge* mit zwei parallel zu einander angeordneten Sägen und im Uebrigen einem Federhobel ähnlich eingerichtet.

7. die *Oertersäge*. Diese grösste Handspannsäge der Holzarbeiter, welche zum Zersägen aller dickeren Holzstücke dient, besteht aus einem, oft zusammenlegbar eingerichteten, Gestell aus zwei Armen (Hörnern) sowie einem Querholz und einem 78—85 *cm* langen, 4·8—5·5 *cm* breiten und 0·4—0·7 *mm* dicken Blatt mit stumpfwinkelig- oder rechtwinkelig-dreieckigen Zähnen, weil die Säge nur auf Stoss gebraucht wird. Jeder Arm besitzt am einen Ende ein Loch, in dem ein Holzgriff steckt, worin die Angel des Sägeblattes befestigt ist, und ist am anderen Ende mit dem anderen Arm durch eine starke Hanfschnur verbunden, in welcher ein Holzstück (Knebel) steckt, das mit seinem anderen Ende sich gegen das Querholz anlegt. Mit diesem Knebel kann die Schnur gedreht und dadurch das Sägeblatt gespannt werden. Statt der Hanfschnur benutzt man mitunter auch zum Anspannen des Blattes einen durch die Arme gesteckten und mit einer Schraube fest angezogenen starken Draht.

Kleinere Oertersägen heissen *Schliesssägen*.

8. die *Schweifsäge* mit 2·5—15 *mm* breitem und 0·4—1·0 *mm* dickem Blatt von 15—50 *cm* Länge. Man benutzt sie zur Ausführung von krummen Schnitten. Sollen mit dieser Säge auch Löcher inmitten des Arbeitsstückes hergestellt werden, so wird das eine Ende des Blattes aushängbar eingerichtet, indem man es mit einem Loch auf einen Haken des Backens hängt. Eine derartige Säge führt den Namen *Aushängesäge*.

9. *Bogensäge* (*Laubsäge*) mit einem eisernen, bogenförmigen Gestell und einem nur 0·6—2 *mm* breiten, 0·5 *mm* dünnen, gewöhnlich aus Uhr-

federn hergestellten Blatt mit sehr feinen Zähnen, die mittelst Meissel eingehauen werden. Das Blatt wird durch eine Schraube angespannt. Diese Säge dient namentlich zum Aussägen des Laubwerkes für eingelegte Arbeiten.

10. die Kronsäge mit kreisrund gebogenem Blatt. Sie wird zum Ausschneiden kreisrunder Stücke verwendet; — u. s. w.

Noch zu erwähnen ist die Holzspaltemaschine (Holzzerkleinerungsmaschine), mit welcher Brennholz zerkleinert wird. Derartige Maschinen baut u. A. die Chemnitzer Werkzeug-Maschinenfabrik.

Wohl zu beachten ist, dass nasses Holz leichter zerschnitten werden kann als trockenes. Als Verhältnisszahlen führt die »Hütte« an: für nasses Holz 26, feuchtes 27, lufttrockenes 30 und ganz trockenes 32. —

Um ein Werfen der Fournierhölzer zu verhüten und die Fournierholzbohlen bis auf den letzten Rest zerschneiden zu können, werden letztere auf andere, aus gewöhnlichem Holze bestehende Bohlen mit einer der Breitflächen aufgeleimt. — Zum Trocknen der Fournierbretter bedient man sich mit Vortheil einer, im »Maschinenbauer« (1878, S. 156) näher beschriebenen Dampfpresse, welche das Holz innerhalb 2—20 Minuten vollständig austrocknen soll.

Beim Zersägen von Baumstämmen zu Dielen und Brettern kann man in verschiedener Weise vorgehen, wie die Figuren 269—275 zeigen. Entweder zerlegt man den Stamm ohne Rücksicht auf die Jahresringe u. s. w. durch Parallelschnitte nach Figur 269, wobei man zwei Schwarten und lauter ungesäumte Bretter erhält, oder man schneidet zunächst zwei Schwarten ab, kantet dann den Stamm um und zersägt ihn, wie dies Figur 271 zeigt, wobei man vier Schwarten und lauter gesäumte Bretter erhält. Handelt es sich um die Herstellung von sogenannten Riemenbrettern, die in neuerer Zeit sehr viel zu Fussböden verwendet werden, meist 12—15 *cm* breit und, einseitig abgehobelt, 3 *cm* dick sind, so muss der Baumstamm so zerschnitten werden, dass diese Bretter senkrechte Jahresringe besitzen, wodurch ihre Dauerhaftigkeit erhöht wird. Der Verschnitt erfolgt nach den Figuren 273—275 und ist, wie leicht erkennbar, theurer als der gewöhnliche Verschnitt. Von sehr starken Stämmen werden ausser den Schwarten noch zwei äussere Bretter abgesägt, bevor man sie umkantet und weiter zerlegt. (Fig. 272.) (Siehe Krauth u. Meyer, a. a. O., S. 76.)

In Amerika wurde eine Säge patentirt, mit der nicht nur Kistenbretter, sondern auch Dachschindeln geschnitten werden können; es wird behauptet, dass diese Säge in zehn Arbeitsstunden aus Nadelhölzern 30.000—40.000 Stück und aus harten Hölzern 12.000—15.000 Stück Schindeln herzustellen vermag. (Gottgetreu, a. a. O., I., S. 501.)

§ 144. Herstellung von Vertiefungen, runden und eckigen Löchern u. s. w.

Zur Ausarbeitung von ringsum begrenzten Vertiefungen, Rinnen, Furchen, Löchern, Verzierungen u. s. w. sowie zum Wegstemmen hervorstehender Theile dienen das Stemm- oder Stechzeug, beziehungsweise die Stemm- und Fräsmaschinen, Bohrer und Bohrmaschinen.

Der **Holzmeissel***) besteht aus einer eisernen, am unteren Ende mit einem Stahlstück belegten Klinge, welche unten mit einer Schneide, deren

*) *Hoyer*, a. a. O., S. 231 ff.

Winkel 18—35° beträgt, ausgestattet und oben zur Aufnahme eines hölzernen Heftes verschieden gestaltet ist. Die Zuschärfung ist nur auf einer oder auf beiden Seiten. Man unterscheidet hauptsächlich folgende Arten:

1. den Stechbeitel, mit 3—75 *mm* (für Formschneider 1·5—6 *mm*, für Schiffszimmerleute 127—510 *mm*) breiter, 12—23 *cm* langer, unter 18—35° unten zugeschärfter Klinge, deren Schneide geradlinig ist und zur Werkzeugsachse rechtwinkelig steht.

2. den Lochbeitel, einen Stechbeitel mit 1·5—25 *mm* breiter, sehr dicker Klinge, und einem Zuschärfungswinkel von 25—35°;

3. den Kantbeitel, einen von Wagenbauern viel benutzten und als Lochbeitel in tiefen, schmalen Oeffnungen dienenden Meissel mit niedriger Rippe auf der Zuschärfungsseite.

4. das Stemmeisen, mit einer zweiseitig zugeschärften, von ebenen oder schwachconcaven Flächen begrenzten, durch Ausschleifen der beiden Breitseiten gebildeten, geraden Schneide und 12—36 *mm* breiter Klinge. Steht die Schneide nicht rechtwinkelig zur Achse, sondern unter einem Winkel von 30—40°, so führt das Stemmeisen den Namen Balleisen, Dreh- oder Schlichtmeissel und dient dann vorzugsweise zur Erzeugung scharfer Kanten und in der Holzdrechslerei zur Herstellung sehr glatter Oberflächen.

5. das Flacheisen, mit einer geraden oder aufgeworfenen (am Ende aufgebrochenen) Schneide. Es dient zur weiteren Ausarbeitung von Vertiefungen und wird namentlich von Holzbildhauern viel gebraucht.

6. das Schlageisen, ein kurzes Stemmeisen ohne Heft, das von Formschneidern zur Erzeugung von Furchen benutzt wird.

7. das Grund- oder Feltiereisen, mit kleiner, flachschaufelförmiger Klinge an einem gekröpften Stiel. Man verwendet es zum Ebnen des Grundes zwischen den Erhabenheiten hölzerner Tapeten-, Kattun- u. s. w. Druckformen.

8. das Anschlageisen oder den Kreuzmeissel, mit 13—15 *cm* langem Eisenstiel, an dessen Ende ca. 36 *mm* lange und 6 *mm* breite Meissel sitzen, die sich rechtwinkelig kreuzen. Man benutzt dieses Werkzeug zum Einstemmen der Löcher in Thüren u. s. w., in welche sogenannte Einsteckschlösser eingelassen werden sollen.

9. das Hohleisen. Dasselbe stellt einen mit rinnenförmiger Schneide ausgestatteten und zur Herstellung von Vertiefungen, Rinnen und dergleichen dienenden Stechbeitel dar. Man benutzt es auch in der Drechslerei unter dem Namen Röhre, Drehröhre, Hohl- oder Schrotmeissel zum Abdrehen von Holzstücken aus dem Groben (Schroten) und unterscheidet deutsche Röhren, die von innen nach aussen, und englische, die von aussen nach innen zugeschärft sind, ferner krumme und gebogene, sowie aufgeworfene (am Ende aufgebogene) und übergeworfene (am Ende stark abwärts gekrümmte) Hohlmeissel.

10. den Geissfuss, mit zwei Schneiden, welche in einer rechtwinkelig oder schiefwinkelig zur Achse des Werkzeuges stehenden Ebene unter 45, 60 oder 90° gegeneinander geneigt sind. Man benutzt den Geissfuss zur Herstellung winkeliger Höhlungen, Furchen u. s. w., sowie zur Ausarbeitung des vertieften Ganges einer hölzernen Schraube.

11. das Viereisen, mit einer ⊔-förmigen Schneide und zum Abstemmen viereckiger Löcher dienend.

12. das Dippel- oder Dübeleisen, ein kegelförmiges, stählernes oder ein an der Schneide verstähltes eisernes, in der Längenrichtung cylindrisch hohles und am Ende angeschärftes Werkzeug, mit welchem aus roh vorbereiteten Holzstücken Dübel angefertigt werden, indem man die Hölzer von oben her durchschlägt. Das Dübeleisen wird namentlich von Böttchern viel benutzt.

13. das Schnitzer-, Zug- oder Ziehmesser, einem Tischmesser gleichend, jedoch kürzer, bedeutend stärker und mit grösserem Schneidwinkel ausgestattet, mit gerader oder gebogener Klinge zum Abschaben gerader oder gekrümmter (concaver oder convexer) Flächen. Das Schabeisen (der Rundschaber) der Böttcher dient zur Entfernung vorstehender Kanten an den Dauben im Inneren der Fässer u. s. w.

Meissel, welche mit eisernem Hammer oder schwerem Holzschlägel ins Holz hineingetrieben werden, gehören zum Stemmzeug, solche, die nur durch den Druck der Hand oder mit leichtem Eisenhammer oder Holzschlägel geführt werden, zum Stechzeug. Das Heft des Werkzeuges wird oval oder achteckig gestaltet, weil diese Formen fester in der Hand liegen.

Zur Herstellung von Zapfenlöchern und Nuthen benutzt man auch **Stemmmaschinen**, welche die Arbeit des Holzstemmens nachahmen und entweder horizontal oder vertical und meistens auf Querholz arbeiten und mit Hand- oder Fussbetrieb oder mit mechanischem Betrieb eingerichtet sind. Gewöhnlich wird ein der Weite des Zapfenloches entsprechendes cylindrisches Loch entsprechend vorgebohrt, weil dann die Arbeit wesentlich erleichtert wird. Daher besitzen die meisten Stemmmaschinen eine Bohrspindel, welche sich gewöhnlich dicht neben dem Meissel (Stemmeisen) befindet. Im Handel kommen aber auch Stemmmaschinen vor, die mit Langbohrmaschinen vereinigt sind. Der als Vierkanteisen construirte, in seiner Führung drehbar eingesetzte Meissel dringt rechtwinklig gegen die Arbeitsfläche vor und wird, wenn das Ende des Loches erreicht ist, um 180° gedreht, wodurch scharfe Begrenzungsflächen des Zapfenloches erzielt werden. Das Arbeitsstück ruht auf einem höher oder tiefer, auch schräg einstellbaren Tisch.

Zur Ausarbeitung von Kehlungen, Nuthen und Federn, Zapfenlöchern u. s. w. werden mit Vortheil die **Fräsmaschinen** benutzt, welche den Holzhobelmaschinen nahe verwandt sind. Sie besitzen stählerne Schneidewerkzeuge, die am Umfange mit 2—6 Schneiden oder Zähnen versehen sind und an einer meist verticalen über oder unter dem Arbeitstisch angeordneten, mitunter auch horizontalen Spindel sitzen, welche mittelst Handrad höher oder tiefer eingestellt werden kann und durch Wellen in eine rasche Umdrehung (3000 bis 4000 Touren in der Minute) versetzt wird. Die Fräse hat einen Durchmesser von nur 3—10 *cm*, besteht entweder aus einem einzigen Stück oder (bei grösseren Maschinen) aus einem scheiben- oder cylinderförmigen Kopf, in welchem verschiedenartig profilirte Messer eingesetzt sind, und nimmt bei ihrer Umdrehung um ihre Achse vom Arbeitsstück kleine Späne ab. Die Messer sind in der Spindel mittelst Druckschrauben fest eingespannt. Das Arbeitsstück wird meistens mit der Hand unter, über oder neben der Fräse vorbeigeschoben. Um gewisse Arbeiten mit der Fräsmaschine verrichten zu können, wird letztere so eingerichtet, dass sich die Umdrehungsrichtung der Fräse ändern lässt. Zur Ausarbeitung von Zapfenlöchern u. dergl. benutzt man gewöhnlich S-förmige, am besten aus Stahl-

blech hergestellte Fräsen mit zugeschärften Schneiden. Fräsmaschinen mit horizontal gelagerter Spindel dienen zur Bearbeitung von Hölzern (Leisten), welche nach zwei Seiten hin gekrümmt sind.

Noch zu erwähnen ist die Universalfräsmaschine von E. Kirchner & Comp. in Leipzig, die eine mit Oberfräse vereinigte Tischfräse besitzt und zur Herstellung von Kehlen, geraden und geschweiften Leisten, Nuthen und Federn, Abplatten von Füllungen, zum Schlitzen, Falzen, Zinken u. s. w. verwendet werden kann.

Runde Löcher werden am besten mittelst **Bohrer** oder **Bohrmaschinen** erzeugt. Erstere bestehen im Wesentlichen aus einem Stahlstab oder verstählten Eisenstab, der am einen Ende mit einer oder (seltener) zwei Schneiden versehen ist und am anderen Ende eine Drehvorrichtung besitzt. Die Schneide hat einen Zuschärfungswinkel von 30—50°. Die Lage der Schneiden ist fast immer eine derartige, das beim Bohren nur eine Schneide angreift. Beim Bohren in der Längenrichtung der Fasern laufen die Schneiden ganz oder nahezu parallel mit der Bohrachse, damit sie stets zwischen die Fasern greifen, beim Bohren auf Querholz müssen die Schneiden zur Bohrachse einen rechten Winkel bilden; häufig liegt auch der Anfang der Schneiden in der Achse. Hiernach kann man unterscheiden: Parallel-, Spitz- und Centrumbohrer. Die Parallelbohrer besitzen eine bogenförmige Schneide, die zur Verhütung des Festklemmens an einer Endkante einen scharfschneidenden Zahn erhält oder löffelartig abgeschlossen ist, um die Holzfasern quer durchschneiden zu können (Hohlbohrer mit Zahn oder Löffelbohrer). Beim Spitzbohrer läuft die bogenförmige Schneide in eine Spitze aus; beim Centrumbohrer ist neben der eigentlichen Bohrschneide noch ein sogenannter Vorschneidezahn vorhanden, welcher den Umfang des Loches vorschneidet und gleichzeitig die Wandung glättet, also ein Ausreissen der Fasern verhütet; der Centrumbohrer besitzt in der Mitte eine vorstehende Spitze, die zuerst in das Holz eindringt; hiernach kommt der Vorschneidezahn zur Wirkung und zuletzt hebt die messerartige Schneide die Späne aus dem Grunde des Loches aus. Es giebt auch Centrumbohrer mit einer senkrecht zur Achse verstellbaren Schneide, so dass man die Bohrer zur Herstellung von Löchern verschiedener Durchmesser benutzen kann.

Schneckenbohrer (steirische Schneckenbohrer) sind gewundene Spitzbohrer mit sehr scharfen Schneiden, die in einer Schraubenlinie liegen, welche nach der Spitze zu so vorläuft, dass der Neigungswinkel gegen die Werkzeugsachse immer grösser wird. Schraubenbohrer oder gewundene Bohrer besitzen eine schief aufsteigende (meistens Schrauben-) Fläche, an welcher sich die abgetrennten Holzspäne in die Höhe schieben. Spiralbohrer bestehen aus einem cylindrischen Schaft mit zwei eingefrästen steilen Schraubenfurchen, in denen die Bohrspäne selbstthätig aus dem Bohrloche herausgeschafft werden. Erweiterungs- oder Zapfenbohrer, welche zur cylindrischen Erweiterung am oberen Rande eines vorgebohrten engeren Loches dienen, besitzen in der Mitte einen kleinen cylindrischen Zapfen zur sicheren achsialen Führung. Bohrer, mit denen man eine unten ebene Begrenzung des Loches herstellen will, werden mit zwei senkrecht zur Achse gestellten Schneiden ausgestattet und erhalten zweckmässig in der Mitte eine kleine pyramidenförmige Spitze zur besseren Mittelführung. Der Hübner'sche Patentbohrer hat eine kegelförmige, messerartig wirkende Spitze und einen

cylindrischen Schaft; er erzeugt sehr genaue Löcher. Der zum Ausbohren von Spundlöchern vom Böttcher viel benutzte Ballbohrer besitzt einen kegelförmigen Schaft, in welchem eine etwas vorstehende Stahlschneide eingeschraubt ist, neben der sich eine Rinne zum Emporsteigen der Bohrspäne befindet.

Die Bohrer werden entweder mit der Hand (Handbohrer) oder mittelst eines Geräthes (Geräthebohrer) oder mittelst einer maschinellen Vorrichtung (Bohrmaschinen) bewegt.

Zu den Handbohrern gehören der Nagelbohrer, der Zapfenbohrer der Böttcher, der Spundbohrer (Ballbohrer), der Ausreiber (ein schlanker Hohlbohrer zum Nacharbeiten der Höhlungen in hölzernen Blas instrumenten) u. s. w., welche mit einem Querheft zum Anfassen versehen sind.

Zu den Geräthebohrern rechnet man hauptsächlich:

1. den Rollenbohrer (Bohrrolle). Auf der Bohrspindel sitzt eine Rolle mit ringsumlaufender Furche und über die Rolle ist eine in einen Bügel eingespannte Schnur (auch Schnur aus Aalhaut) oder ein schmaler Lederriemen oder eine Darmsaite oder ein Pferdehaar geschlungen. Durch Hin- und Herziehen des aus Fischbein, Stuhlrohr oder Stahl gefertigten Bügels (Fiedelbogens) wird eine schnelle, und zwar wechselnde Drehung des Bohrers hervorgerufen.

2. den Drillbohrer oder archimedischen Bohrer. Er besteht gewöhnlich aus einem Triebdraht aus Stahl, der um die Achse so gewunden ist, dass steile Schraubengänge mit einem Steigungswinkel von etwa 70° entstehen. Diese Spindel trägt am einen Ende den Bohrer, am anderen einen Knopf, in welchem sie sich drehen lässt, und ferner eine Mutter, die mit der Hand hin und hergeschoben wird, wodurch eine schnelle, wechselnde Drehung des Bohrers erzielt wird. Der Knopf wird gewöhnlich mit der Brust gegen das Arbeitsstück gedrückt.

3. den Drehbohrer oder die Brustleier (Bohrwinde). Die aus Holz oder Eisen bestehende Spindel ist C-förmig gestaltet (ausgekröpft) und besitzt am oberen Ende einen breiten Knopf oder eine Eisenplatte, die gegen die Brust des Arbeiters gestützt wird, um einen genügend starken Druck auf die Bohrspitze ausüben zu können. In der Spindel sitzt lose die zum Drehen bestimmte Handhabe (Kurbel). Der Bohrer wird mit ihr einseitig gedreht.

4. die Bohrkurbel, eine stärkere Brustleier zur Herstellung grösserer Löcher. Am Ende eines an der Wand oder auf einem Tisch meistens drehbar und verstellbar befestigten Armes sitzt eine Schraube, welche durch einen Handgriff oder ein Handrad nachgestellt werden kann und zur Erzeugung des nöthigen Druckes dient.

5. die Bohrratsche oder Bohrknarre. Ein langer, gabelförmig endigender Hebel ist mit der Bohrspindel um deren Achse drehbar verbunden. Auf der Bohrspindel sitzt innerhalb der Gabel ein Sperrrad, das in Verbindung mit einem am Hebel sitzenden Sperrkegel den Bohrer dreht. Beim Bohren wird der Hebel in eine schwingende Bewegung versetzt und dadurch ein ruckweises Arbeiten des Bohrers herbeigeführt. Die Spindel ist mittelst Schraube nachstellbar, deren Spitze sich gegen einen vorhandenen oder zu diesem Zweck besonders angebrachten festen Gegenstand drückt.

6. den Ecken- oder Winkelbohrer, eine Abart der Brustleier mit seitwärts angebrachtem Drehapparat zur Ausarbeitung von Vertiefungen oder Löchern dienend, bei der ein Herumgehen der Leier nicht gestattet ist. Eine seitlich angebrachte Handkurbel überträgt die Bewegung auf die Bohrspindel mittelst zweier Kegelräder, welche auswechselbar sind, so dass man im Stande ist, je nach dem zu überwindenden Widerstande eine grössere oder kleinere Geschwindigkeit oder eine erhöhte Kraftleistung zu erzielen.

7. den Schlangenbohrer. An einer langen, eng gewickelten, in einem biegsamen Leder- oder Gummischlauch sitzenden Spiralfeder befindet sich am einen Ende der Bohrer, am anderen eine Kurbel oder eine andere Drehvorrichtung. Die Umdrehung der Kurbel u. s. w. pflanzt sich durch die Spiralfeder bis zur Bohrspitze fort. Der Schlangenbohrer bietet den Vortheil, dass die Bohrspitze nach allen Richtungen hin frei bewegt werden kann, und eignet sich zur Herstellung von Löchern an solchen schwer zugänglichen Stellen, an die man mit allen anderen Bohrern nicht gelangen kann.

Die Holzbohrmaschinen können durch Handarbeit oder durch Elementarkraft betrieben werden. Die Spindeln, an deren Ende ein Hohl-, Schnecken-, Centrum- oder gewundener Bohrer sitzt, liegen vertical oder horizontal und erhalten sowohl eine Drehbewegung (gewöhnlich durch Zahnräder, mitunter auch durch Riemenscheiben) als auch eine Längsverschiebung (durch Leitschraube, Hebelapparat oder Zahnstange) entweder durch die Arbeiterhand oder selbstthätig. Die Umfangsgeschwindigkeit des Bohrers beträgt für weiches Holz 500—5000 *mm* und für hartes Holz 200—250 *mm*, der Vorschub 0·25—1·0 *mm* für eine Umdrehung des Bohrers. Die Zuschiebung des Bohrers erfolgt wegen der Weichheit des Arbeitsstückes gewöhnlich nicht von der Maschine selbst, sondern durch den Arbeiter mittelst eines Fusstrittes oder durch Handgriffe. Die Bohrmaschinen kommen in verschiedenen Constructionen in den Handel, deren Beschreibung hier viel zu weit führen würde. Sehr oft wird die Holzbohrmaschine als Stemmmaschine gebaut, indem man statt des Stemmeisens einen Bohrer in den Stössel einsetzt.

§ 145. Das Ebnen, Glätten, Profiliren (Hobeln, Abschleifen, Poliren u. s. w.).

Zur Herstellung ebener Flächen oder solcher mit einfacher, concaver oder convexer Krümmung von nicht zu kleinem Halbmesser, zur Ausarbeitung von Nuthen und Federn, zur Anfertigung von Leisten und Gesimsen, die aus architektonischen Gliederungen zusammengesetzt sind, bedient man sich der Hobel und Hobelmaschinen.*)

Die Hobel bestehen aus einem, aus Hartholz (namentlich Weissbuchenholz) oder Eisen gefertigten Kasten (Hobelkasten), in welchem ein schmiedeisernes und mit Stahl belegtes oder auch ganz aus Stahl bestehendes, verschieden gestaltetes Messer (Hobeleisen) mittelst Holzkeil befestigt ist. Dieses Eisen ist unten einseitig unter einem Winkel von 30—35° zugeschärft und zum Zweck des günstigsten Einschneidens zur Hobelsohle unter einem Winkel von 45° (bei sehr harten Hölzern unter einem grösseren Winkel) geneigt. Diese schiefe Stellung des Hobeleisens ermöglicht es, sowohl Längs-

*) Hoyer, a. a. O., S. 238—256.

holz als auch Querholz abhobeln zu können. Senkrecht steht das Hobeleisen nur beim Zahnhobel, welcher ein mit gezähnter Schneide ausgestattetes Hobeleisen besitzt und dazu dient, glatt bearbeitete Flächen, welche nachträglich zusammengeleimt werden sollen, wieder aufzurauhen, damit die Verbindung besser hält, oder sehr hartes und sehr unregelmässig gewachsenes Holz (z. B. Maserholz) zu ebnen.

Das Hobeleisen steht aus der Kastensohle nur um die Dicke des abzunehmenden Spanes vor. Der Kasten dient nicht allein zur sicheren Führung des Eisens, sondern auch zur Ausübung eines Druckes auf das Arbeitsstück vor dem Eisen, um ein Aufreissen von Holztheilen zu verhüten. Das Arbeitsstück wird gewöhnlich auf der Hobelbank eingespannt.

Die wichtigsten Hobel sind:

1. Schrubb-, Schrot- oder Schärfhobel, zum Abhobeln aus dem Gröbsten, nicht aber zur Erzeugung glatter Flächen dienend. Das 24—36 *mm* breite Hobeleisen mit bogenförmiger (schwach convexer) Schneide sitzt in einem etwa 26 *cm* langen Kasten mit ebener Sohle und dringt tief in das Arbeitsstück ein, nimmt also dicke Späne ab.

2. Schlichthobel und Rauhbank. Man benutzt dieses Werkzeug zum Ebnen von Flächen, auch zum Abhobeln schwachgekrümmter Flächen und zum Bestossen und Abfasen von Kanten. Man unterscheidet:

a) den groben Schlichthobel mit einfachem Eisen, dessen Schneide sehr schwach konvex gekrümmt ist.

b) den feinen Schlichthobel mit einfachem Eisen, dessen 48—50 *mm* breite Schneide geradlinig und nur an den Ecken zur Vermeidung von Furchenreissen abgerundet ist und nur wenig aus der ebenen Sohle des 25—30 *cm* langen Kastens herausragt.

c) den Doppelhobel oder Putzhobel mit einfachem Eisen, auf dessen Vorderfläche eine Deckplatte (Deckel, Kappe) liegt, welche eine solche Lage besitzt, dass der Span beim Entstehen dagegen stösst, sogleich geknickt und fast rechtwinklig zur Hobelsohle abgeführt wird, wodurch ein Einreissen des Holzes selbst bei verwachsenen Hölzern vermieden und eine sehr glatte Fläche erzeugt wird.

4. Sims- oder Gesimshobel von 25—30 *cm* Länge und meistens 12—40 *mm* Breite, sowie mit einem Hobeleisen, das an der Schneide etwas breiter ist als der Hobelkasten. Man benutzt diesen Hobel zur Bearbeitung abgesetzter Flächen, welche durch aufrecht stehende Kanten begrenzt sind, und unterscheidet je nach Art und Stellung des Eisens einfachen oder Doppelsimshobel, geraden, steilen oder schrägen Simshobel.

5. Falzhobel zum Aushobeln viereckiger Kasteneinschnitte (Falze) z. B. des Kittfalzes an Fenster- und Bilderrahmen zum Einlegen des Glases. Der Falzhobel unterscheidet sich vom Simshobel nur dadurch, dass er an der einen Kante der Sohle eine nach unten vorspringende Leiste (Anschlag oder Backen) zur Führung besitzt. Dieser Anschlag ist auch verschiebbar und verstellbar eingerichtet (stellbarer Falzhobel).

6. Wand- oder Wangenhobel zur Erweiterung, sowie zum Glätten von Falzen und Nuthen. Er stellt einen seitwärtsschneidenden Sims- und Falzhobel dar, dessen Eisen entweder seitwärts aus dem schmalen, jedoch hohen Hobelkasten vorsteht oder mit der breiten, dünnen, meist aus Eisen gefertigten Kastensohle ein ⊥ bildet. Steht das Eisen schräg, so nennt man den Hobel schrägen Wandhobel; ist der Hobel mit einem Doppeleisen versehen, so heisst er doppelter Wangenhobel.

7. Nuthhobel zum Aushobeln von Nuthen verschiedener Breite und Tiefe. Er besitzt gewöhnlich zwei verstellbare Führungen, deren eine die Tiefe des Eindringens begrenzt, während die andere die Entfernung der Nuthe von der Kante des Arbeitsstückes bestimmt. An der Kastensohle befindet sich zur Unterstützung und Führung des Hobeleisens eine Eisenschiene mit einer Unterbrechung zum Durchbringen des Eisens.

8. Federhobel zur Herstellung der zu den Nuthen gehörenden Federn. Er passt zu dem Nuthhobel, besitzt jedoch ein gabelförmig gespaltenes Eisen und nimmt von den Kantenecken rechtwinkelig so viel fort, dass in der Mitte des Brettrandes die Feder stehen bleibt.

9. Spundhobel, eine Vereinigung des Nuth- und Federhobels.

10. Grathobel zur Herstellung spitzwinkeliger Falze und schwalbenschwanzförmiger Nuthe (Grate). Er besitzt einen Hobelkasten, dessen Sohle gegen die Seite um den betreffenden Winkel abgedacht ist, und zum Arbeiten auf Querholz einen Vorschneidezahn, welcher die Fasern rechtwinkelig durchschneidet, bevor das Eisen den Span abnimmt; auch hat er meistens einen oft verstellbar eingerichteten Anschlag. Zur Erzeugung schwalbenschwanzförmiger Nuthe erhält er ein entsprechend gestaltetes Grateisen.

11. Plattenhobel, Plattbank zum Bearbeiten von Flächen, die stumpfwinkelig gegen andere Flächen stossen (z. B. zum Abhobeln der breiten keilförmigen Ränder für Thürfüllungen). Der Kasten dieses Falzhobels besitzt eine unter stumpfem Winkel gegen die Seite gestellte Sohle. Das Eindringen des schräg gestellten Eisens wird durch einen, oft verstellbar eingerichteten, an der Seite des Hobelkastens sitzenden Anlauf geregelt. Auch dieser Hobel besitzt einen Vorschneidezahn, weil mit ihm viel auf Querholz gearbeitet wird.

12. Grundhobel mit └-artig gekröpftem, um die Lochtiefe aus der Kastensohle hervorstehendem Grundeisen. Er dient zum Ebnen des Grundes ausgestemmter Vertiefungen, an welchen man mit Simshobeln u. s. w. nicht gelangen kann.

13. Schiffhobel mit gekrümmter Sohle und zur Erzeugung muldenförmiger Flächen dienend. Dieser Hobel wird im Schiffbau, Wagenbau und in der Küferei viel verwendet. In neuerer Zeit hat man verstellbare Schiffhobel in den Handel gebracht, deren Sohle aus einem dünnen Stahlblatt besteht und mittelst Schrauben beliebig stark, convex und concav, gekrümmt werden kann.

14. Profil- oder Façonhobel zur Ausarbeitung schmalrinnenförmiger Flächen, z. B. architektonischer Gliederungen. Kastensohle und Schneide des Eisens sind genau nach den Umrissen der gewünschten Rinnen profilirt.

15. Schiffprofilhobel, nach Art der Schiffhobel mit krummer Sohle ausgestattet und dem Profilhobel gleich eingerichtet. Er dient zur Ausarbeitung rinnenförmiger Vertiefungen auf flach concaven Flächen.

16. Kehl- oder Leistenhobel, welcher zur Erzeugung von architektonischen Gliederungen, wie Stäbchen, Wulsten, Kehlen u. s. w. dient. Er stellt einen Profilhobel dar, dessen Eisen an seiner Schneide dem gewünschten Profile entsprechend zugeschärft oder durch Schmieden in Gesenken auf 40 bis 60 *mm* profilirt ist und einfach so schräg angeschliffen wird, dass die Profilseite die Schneide bildet. Zum Kehlzeug gehören:

a) Stabhobel, dessen Sohle und Eisen concav gekrümmt sind und zwar für den Rundstab halbkreisförmig, für den Viertelstab oder Wulst quadratförmig, für den gedrückten oder französischen Stab gedrückt bogenförmig.

b) Hohlkehlenhobel zur Herstellung von Hohlkehlen; Sohle und Eisen convex bogenförmig gestaltet.

c) Karnieshobel mit ∾förmiger Sohle und gleichgestaltetem Eisen.

d) Fenstersprossenhobel, dessen Sohle und Eisen dem Profil der Fenstersprossen umgekehrt congruent sind.

e) Stabzeug vom Böttcher zur Erzeugung von Leistenwerk auf grösseren Fassböden benutzt. Ferner dient dem Böttcher der:

f) Blöchelhobel zum Bestossen der Fugkanten an den Dauben.

g) Gärbhobel zum Ausarbeiten der inneren Gefässwände.

h) Schabhobel zum äusseren Bearbeiten des Bodens.

i) Backenhobel, ein Wangenhobel mit gekrümmter Sohle, zur Bearbeitung der Dauben am Fassboden.

k) Bandhobel zum glatten Abziehen der zum Binden der Fässer dienenden Weidenruthen.

l) Boden- oder Froschbramschnitthobel mit schiffhobelartig gekrümmter Sohle, zum Zuspitzen des äusseren Bodenumfanges behufs besseren Eingreifens desselben in die Kimmen der Dauben, welche mit dem Kimmhobel hergestellt werden.

m) Kranzhobel mit einem in der Länge gebogenen Kasten, der an einem Lineal (Feder) im Kreise herumgeführt wird; zur Erzeugung kreisförmiger Kehlungen in den Fassböden. Die Seitenflächen des Kastens sind concentrische Cylinderflächen.

Ferner sind anzuführen:

n) Rundhobel, aus zwei quercylindrisch ausgehöhlten Hobeln bestehend, die stets die Sohle einander zukehren, durch zwei Schrauben beliebig gegen das zwischengespannte Arbeitsstück gespannt werden und durch

Drehen dessen Oberfläche cylindrisch abarbeiten. Man benutzt den Rundhobel namentlich zur Herstellung von Holzzapfen an Radspeichen.

o) Speichen- oder Schabhobel zum Abschaben schmaler, ebener oder gewölbter Flächen oder zum Glätten durch Wegschneiden dünner Späne. Dieses dem Bandhobel der Böttcher entsprechende Werkzeug wird besonders von Wagenbauern viel benutzt.

p) Zündhölzchenhobel mit gerader Sohle und einem, aus mehreren kleinen kreisförmigen oder quadratischen Dübeleisen bestehenden Hobeleisen. Beim Verschieben auf Langholz erzeugt dieser Hobel den Querschnitten des Eisens entsprechende, lange und dünne Holzstäbchen, welche man zur Anfertigung von Holzjalousien, zu Zündhölzchen u. s. w. benutzt.

q) Schachtelhobel zur Erzeugung gleichmässig breiter, dicker Späne, aus denen z. B. Zündholz-Schachteln hergestellt werden.

Noch zu erwähnen sind: der Wagenkastenmacherhobel, der eiserne Flachhobel mit ebener Sohle von eiförmigem Umrisse und einem Eisen mit geradliniger Schneide, der Ausarbeithobel mit einer der Länge und Breite nach gewölbten Sohle und dieser entsprechend bogenförmig gestalteten Schneide des Eisens, zur Ausarbeitung vertiefter Wölbungen und Schweifungen dienend, der Rohrhobel, ein dem Kehlhobel ähnlicher Büchsenmacherhobel zum Glätten der Rinnen im Gewehrlauf, der Spalzenhobel, bei dem das Eisen am Vorderende des Hobelkastens sitzt, — u. s. w. —

Eine etwa zehnmal grössere Leistungsfähigkeit gegenüber den von Hand geführten Hobeln besitzen die in verschiedenen Constructionen im Handel vorkommenden Hobelmaschinen, mit denen man glatte Flächen erzeugen, Kanten von Brettern und Pfosten abfasen, Kehlungen, Nuthe, Feder-Falze u. s. w. herstellen kann. Als Hauptarten sind anzuführen:

1. die Langhobelmaschinen mit rotirendem Schneidezeug (Messer), welches entweder auf einem Prisma oder auf einem Cylinder auf den zwei oder drei angehobelten geraden Flächen oder spiralförmig um einen Cylinder, um den Vortheil des schrägen Angriffs zu erhalten, so befestigt ist, dass es sich kreisförmig in einer zur anzugreifenden Holzfläche parallelen Ebene bewegen kann. Man benutzt diese Maschinen zum Glatthobeln von Brettern und Bohlen und nennt sie deswegen auch wohl Planhobelmaschinen. Je nach der Breite des Arbeitsstückes erhalten die Messer eine verschiedene, oft bedeutende Länge; sie ähneln den Hohleisen oder Schlichthobeleisen, sind gegen die Holzoberfläche geneigt gestellt und werden in einer Zahl von 2—8 (ausnahmsweise bis 32) verwendet. Das Arbeitsstück wird über Rollen (Walzen) mit einer Geschwindigkeit von 1·2—3·5 *m* pro Minute selbstthätig vorgeschoben, so dass Holz in unbegrenzter Länge gehobelt werden kann. Die Messer beherrschen stets die ganze zu hobelnde Breite, so dass eine Schaltbewegung unnöthig wird, und ihre Walzen sind bei den europäischen Maschinen meistens mit der Welle aus einem Stück (Stahl), während bei den amerikanischen die Messerköpfe bis zu 30 *cm* Länge gewöhnlich aus Gussstahl hergestellt, auf Wellen von 3·5—4 *cm* Durchmesser aufgeschoben und mittelst einer auf der Welle angebrachten Mutter befestigt sind. Die Messerköpfe werden zweckmässig so gestaltet, dass sie die Messer bis fast an den Rand der Schneide unterstützen, dass also die Messer wie Doppelhobel wirken und ein Aussplittern des Holzes vermieden wird. Man befestigt die Messer an den Messerwalzen mittelst Kopfschrauben oder vor-

theilhafter mit in schwalbenschwanzförmigen Schlitzen eingeschobenen Schrauben mit Muttern.

Bringt man zwei Messerwalzen parallel übereinander an, so kann man gleichzeitig zwei Flächen, die obere und untere des zwischen den beiden Walzen hindurchzuziehenden Arbeitsstückes, abhobeln. Bei Anordnung von zwei verticalen und zwei horizontalen Walzen lassen sich alle Seiten eines vierkantigen Holzstückes gleichzeitig bearbeiten. Ordnet man zwei oder mehrere gerade Messer in gewissem Abstande von einander auf der Walze an, so kann man die Hobelmaschine zum Schneiden von Zapfen (Zapfenschneidemaschine), sowie zur Herstellung von Federn und bei Anbringung eines schmalen Messers auch zum Nuthen benutzen (Nuthmaschine, Spundmaschine). Die dreiseitigen Hobelmaschinen mit einer horizontalen und zwei verticalen Messerwalzen dienen dazu, Bretter beim Durchgang oben glatt zu hobeln und seitlich mit Nuth und Feder zu versehen.

Zur Massenfabrikation von profilirten Stäben und Leisten zu Fenstern, Thüren, Möbeln, Bilderrahmen u. s. w. benutzt man sogenannte Kehlmaschinen, welche Profileisen und gewöhnlich statt einer langen Walze einen vorstehenden kurzen Messerkopf besitzen und daher den Uebergang zu den eigentlichen Fräsmaschinen bilden. Man hat auch drei- und vierseitige Kehlmaschinen gebaut, die man wie drei- und vierseitige Hobelmaschinen, jedoch auch zur Herstellung von Kehlungen benutzen kann.

Zur Erzeugung von Rundstäben zu Rouleauxstangen, Blumenstäben, Spazier- und Schirmstöcken, Besenstielen, Zeltstäben u. s. w. dient die Rundstabhobelmaschine. Deren Werkzeug bildet eine mit einem Messerkopf versehene, schnell rotirende hohle Welle. Vor dem Messerkopf befindet sich eine verstellbare Gabel zur Führung des vierkantigen Arbeitsstückes, um ein Drehen desselben beim Hobeln zu verhüten. Für jeden Stabdurchmesser ist ein besonderer Messerkopf nothwendig. Es giebt endlich auch Hobelmaschinen, bei denen das Arbeitsstück über feststehende Messer hinweggezogen wird.

Bei den Langholzhobelmaschinen beschreiben die Messerschneiden einen Kreis von 15—35 *cm* Durchmesser; die Umfangsgeschwindigkeit beträgt in der Secunde 15—20 *m* (Tourenzahl = 1200—2000), der Holzvorschub 1·65—8·25 *mm*, so dass auf einen Meter 800—2700 Schnitte fallen, wenn die Walze zwei Messer besitzt.

2. Die Querhobelmaschinen (Abrichtmaschinen). Dieselben dienen namentlich zum Abrichten (Schruppen) von Bauholz, sowie zum Vorarbeiten für die Langhobelmaschinen. Die Messer sitzen in horizontalen oder verticalen, ebenen oder schwachkegelförmigen Scheiben (Scheibenhobelmaschinen), welche bei kleineren Maschinen einen Durchmesser von 15 bis 30 *cm*, bei grösseren von 1·0—3·5 *m* besitzen und auf einer verticalen, bei seitlicher Bearbeitung des Holzes auf einer horizontalen Spindel mit grosser Geschwindigkeit (400—2500 Touren pro Minute je nach dem Scheibendurchmesser) gedreht werden. Die Geschwindigkeit richtet sich nach der Holzart und der Breite des Arbeitsstückes und beträgt pro Secunde 17—30 *m*; die Zuschiebung des Arbeitsstückes wird so bemessen, dass auf 2 *m* Umfangsbewegung 3 *mm* Vorschub erfolgt. Als Schneidewerkzeug benutzt man am besten cylindrische Stahlröhren, die von aussen so angeschliffen sind, dass die Schneide einen Ring bildet. Diese Röhren setzt man schräg in die

Scheiben ein, damit man ein stumpf gewordenes Stück der Schneide durch Drehung der Scheibe um die Achse durch ein scharfes ersetzen kann. Ist der ganze Ring abgestumpft, so wird er auf der Drehbank neu angeschliffen.

Bei den Querhobelmaschinen kann das Holz nur von drei Seiten gleichzeitig bearbeitet werden, weil die vierte Seite zur Befestigung dient; in der Regel wird das Holz nur auf zwei Seiten zugleich fertiggestellt.

Die Querhobelmaschinen kommen in mannigfachen Constructionen in den Handel. So z. B. giebt es Maschinen mit zwei Messerscheiben, deren Spindel in der Regel horizontal in zwei besonderen Docken gelagert sind, welche sich auf dem Brette verschieben und der Breite des Arbeitsstückes entsprechend gegeneinander verstellen lassen. Solche Maschinen, bei denen sich das Arbeitsstück zwischen den Messerscheiben fortschiebt, eignen sich zur Bearbeitung von zwei parallelen Flächen an einem Holzstück.

Ferner giebt es Combinationen der Hobel- und Sägemaschinen, bei denen eine horizontal- und plattliegende Säge von einem starken Bohlenstück Fournierbretter abschneidet und ein mit zwei Messern ausgestatteter Schneidekopf die Oberfläche der Bretter glatt hobelt.

Um in Werkstätten, welche eine motorische Kraft nicht besitzen, Gesimsleisten aus hartem Holz herstellen zu können, benutzt man an Stelle der Kehlhobel bei Massenproduction mit Vortheil eine **Ziehbank**, deren Messer aus einer etwa 3 *mm* dicken, gehärteten Stahlplatte besteht, welche mit den entsprechenden Einschnitten versehen, an einem verticalen Ständer verstellbar befestigt und normal zur Arbeitsfläche gerichtet ist. Die zu kehlenden Leisten werden aus freier Hand vorgearbeitet, dann eingespannt und durch Drehen einer Handkurbel gegen die Schneide des Messers geführt, welche von der Holzoberfläche Späne gewissermaassen abschabt, dann wird die Leiste zurückgezogen, das Messer um die Spandicke herabgestellt und das Verfahren so lange wiederholt, bis das ganze Profil scharf und rein ausgearbeitet ist. Zur Herstellung runder Holzstäbe (z. B. hölzerner Stricknadeln, Pinselstiele, Federhalter u. s. w.) benutzt man eine Ziehbank mit einem Messer, welches scharfkantige Löcher besitzt, durch welche die mit Feile oder Schaber vorbereiteten Holzstücke mittelst hölzerner oder eisener Zange u. s. w. gezogen werden. Sollen diese Stäbe Cannelirungen erhalten, so wird das Loch des Messers entsprechend gestaltet, sollen diese Cannelirungen langgestreckte Schraubenlinien darstellen, so wird der Holzstab beim Durchziehen durch das Messer langsam gedreht.

Zur Beseitigung der letzten Spuren des Hobels (oder der Raspel) benutzt man 5 *cm* breite, 10—20 *cm* lange Schaber **(Ziehklingen)** aus etwa 0·6—1 *mm* dickem, mit scharf rechtwinkeligen Kanten ausgestattetem, gehärtetem und violett angelassenem Stahlblech, welche schräg und mit dem kleineren Neigungswinkel der Bewegungsrichtung zugekehrt und so auf das Holz aufgesetzt werden, dass die Kante die Holzfaser etwas kreuzt, wodurch ein Einreissen des Holzes vermieden wird. Die bald eintretende Abrundung der Stahlblechkanten wird mittelst eines etwa 10 *cm* langen, oval oder rund im Querschnitt gestalteten, glatten, glasharten Stahlstäbchen (Ziehklingenstahl) beseitigt, indem man mit diesem Werkzeug die Kanten kräftig bestreicht.

Zum Schleifen und Glätten von fertigen Holzarbeiten kann man die **Sandpapiermaschine** verwenden, deren Werkzeug eine mit Sand, Bimsstein, Diamant- oder Glaspulver bestreute oder überzogene, rasch rotirende Scheibe

oder Trommel oder ein endloses Band darstellt. Unrunde Gegenstände, wie Speichen, Schuhleisten u. s. w., werden mit Sandpapiermaschinen geschliffen, welche mit Schleifriemen ausgestattet sind, indem man diese Gegenstände einfach mit der Hand gegen den Schleifriemen drückt. Grössere gehobelte Flächen glättet man mit Sandpapiermaschinen, die an einem gelenkigen Arm einen in der Höhe verstellbaren, schnell rotirenden Schleifkopf besitzen, welcher eine aus Sandpapier oder künstlichen Sandsteinen gebildete Schleifscheibe trägt und mittelst des Armes in jeder Richtung über eine der Armlänge entsprechend grosse Tischfläche geführt werden kann.

Sind Holzgegenstände, welche mit der Ziehklinge bearbeitet wurden, zur Vollendung ihrer Oberfläche noch zu schleifen und steht eine Sandpapiermaschine nicht zur Verfügung, so bearbeitet man dieselben mit der Hand mit Bimsstein, Fischhaut, Schachtelhalmen, Schmirgelpapier, Sand- und Glaspapier oder mit Schleifleinwand, welche mit Feuerstein-, Schmirgel- oder Glaspulver beklebt ist. Zum Schleifen lackirter Holzwaaren dient je nach der Lackart feinpulverisirtes Hirschhorn oder gelbes, levantinisches Tripelpulver oder feingeriebene und von allen härteren Theilen befreite Bimssteinmasse. Mahagoniarbeiten werden nach dem Abschleifen mit Sandpapier oder nach dem Abschaben mittelst Ziehklinge mit Polieröl überstrichen, nach etwa zwölf Stunden mit sehr feinem Ziegelpulver gepudert und schliesslich mit einem in ein Stück Teppich gewickelten Eisen- oder Bleigewicht so lange vor- und rückwärts gerieben, bis sie den gewünschten Glanz erhalten haben. Durch dieses Verfahren wird das Mahagoniholz jedoch dunkler. Weiche Mahagonihölzer und andere poröse Holzarten befeuchtet man nach dem Abschleifen mittelst Ziehklinge oder Sandpapier mit einem nassen Schwamm und schleift sie mit feinem, weichem Bimssteinpulver nach dem Strich des Holzes.

Einen hohen Glanz erhält das Holz durch **Polieren.** Man füllt die Poren der Oberfläche und alle Vertiefungen hierbei mit einem Stoff aus, welcher Glanz besitzt. Solche Stoffe sind Harze, Gummi und Wachs, namentlich Schellack, Sandarak, Mastix und Benzoë, die in Weingeist, seltener in einer Boraxlösung oder Ammoniak aufgelöst werden, also in Flüssigkeiten, welche leicht verdunsten und die harzigen Stoffe auf der Holzoberfläche als dünne Decke zurücklassen.

Die am meisten zur Verwendung gelangende Tischlerpolitur besteht aus 1 Theil Schellack und 7—8 Theilen Weingeist (von etwa 90% Tralles). Zur Verringerung der Härte des Ueberzuges empfiehlt es sich, dem Schellack noch andere Harze hinzuzusetzen. Bewährte Mischungen sind die folgenden:

70 Theile Schellack, 4 Theile Mastix, 4 Theile Sandarak und 750 Theile Weingeist;

6 Theile Schellak, 3 Theile Sandarak und 100 Theile Weingeist;

60 *g* Benzoë, 15 *g* Sandarak und 1 *l* Weingeist, Auflösung durchgeseiht und dann mit etwas Mohnöl versetzt; fast wasserdichte Politur;

60 *g* Schellak in 180 *g* Weingeist bei gelinder Wärme aufgelöst und mit einer Auflösung von 15 *g* Copalpulver, 75 *g* feingeschlämmter, vollständig trockener Kreide und 60 *g* des stärksten Weingeistes vermischt; diese Politur erträgt starke Erwärmung, ohne glanzlos zu werden, und besitzt eine grosse Haltbarkeit;

30 *g* Körnerlack, 30 *g* durchsichtiges Harz und $^1/_2$ *l* Weingeist (für feinere Holzarbeiten, namentlich Holzschnitzereien).

Zum Poliren hellfarbiger Hölzer benutzt man gebleichten Schellack; zum Färben der Politur setzt man derselben für roth: Carmin, Orseille oder Santelholz, für schwarz: Kienruss, für blau: Indigo, für rothbraun: Catechu hinzu.

Einen mässigen Glanz erzeugt eine Wachspolitur aus 10 Theilen Wachs, 4—7 Theilen Terpentinöl und 2 Theilen Weingeist oder Wachsseife, welche aus 5 Theilen gelbem Wachs, 8 Theilen gekochtem Regenwasser mit 2 Theilen, in 4 Theilen Wasser gelöster Pottasche bereitet wird.

Vor dem Poliren wird die Holzfläche mit Schachtelhalm abgerieben (geschachtelt) oder mit Bimssteinpulver unter Zusatz von Leinöl fein abgeschliffen. Dann wird die Politur mit einem kleinen Stück feinlöcherigen Badeschwammes oder einem alten Gardinen-, Strumpf-, Baumwollen-, Werg- u. s. w. Stück aufgetragen, welches mit der Politur getränkt und mit einem Läppchen feiner, ziemlich abgenutzter Leinwand umhüllt wird, um einen weichen, elastischen Ball zu erhalten. Dieser Ball wird wiederholt mit wenig Leinöl benetzt, um die Polirfläche schlüpfrig zu machen und ein Ankleben des Balles auf derselben zu verhüten, und mit leichtem Druck auf der Polirfläche in geraden und krummen Linien herumgeführt, wobei die Harzauflösung langsam durch die Leinwand hindurchschwitzt und sich auf der Holzoberfläche äusserst dünn und gleichmässig vertheilt. Die Politur trocknet sehr schnell ein wegen der grossen Flüchtigkeit des Weingeistes, und wird deshalb sehr bald klebrig. Um das Poliren nicht zu erschweren, ist daher eine rechtzeitige Benetzung des Balles mit Leinöl nothwendig. Wird das beim Abschleifen verwendete Oel vor dem Poliren nicht sorgfältig entfernt, so erzeugt dasselbe, indem es durch die Politur durchschlägt, nach einiger Zeit auf der Holzoberfläche matte Flecke, welche man nur durch nochmaliges Poliren wieder entfernen kann.

Matt gewordene Politur lässt sich dadurch wieder glänzend machen, dass man das Holz mit einer zusammengeschmolzenen Mischung aus 2 Theilen Stearinsäure und 3 Theilen Terpentinöl in etwas passender Farbe mit einem Seidenläppchen tüchtig abreibt.

Zum sogenannten **Bohnen** hölzerner Fussböden (namentlich Parkettfussböden) benutzt man die oben erwähnte Wachspolitur oder die Wachsseife, die man mit dem Pinsel aufträgt und mit Bürsten oder Lappen reibt, bis sie glänzend wird. Oder man bestreut die mit Eisenfeilspänen gut abgeriebenen Fussböden mit geschabtem Wachs, das man durch Ueberfahren mit einem heissen Eisen zum Schmelzen und Eindringen in das Holz bringt, worauf man die Fläche mit einer durch Metall beschwerten, harten Bürste oder mittelst zweier Bürsten, welche der Arbeiter an die Füsse schnallt, bis zur Entstehung eines gleichmässigen Glanzes reibt, den man noch durch Abreiben mit einem wollenen Lappen erhöhen kann. Das Auftragen der Politur hat alljährlich mindestens einmal zu geschehen, das Abreiben mit Bürsten und Lappen stets dann, wenn der Fussboden den Glanz verloren hat. Gebohnte Fussböden kann man durch Waschen mit warmer verdünnter Seifenlauge und Nachwaschen mit reinem Wasser reinigen. Will man andere Farbentöne erhalten, so setzt man der Wachsseife etwa 10% Satinober, Eisenocker oder Umbra, mit wenig Wasser angerührt, hinzu und der Wachspolitur geringe Mengen anderer Harze und Erdfarben.

Praktischer sind aber ohne Frage Anstriche mit Fussbodenlack (Recept siehe § 266).

§ 146. Feilen, Raspeln, Abdrehen, Biegen.

Zur Formgebung und Glättung des Holzes werden Feilen nur sehr selten benutzt, weil sie sich sehr leicht verschmieren, wenn der Feilenhieb fein ist. Dagegen dienen den Bildhauern, Drechslern, Büchsenmachern u. s. w. feilenartige, aus gehärtetem Stahl gefertigte Werkzeuge, **Raspeln** genannt, vielfach zur Ausarbeitung unregelmässiger Vertiefungen und Erhöhungen durch Fortnahme kleiner und dünner Späne. Die Raspeln unterscheiden sich von den Feilen durch eine weitläufigere Stellung und abweichende Herstellungsart der Zähne; erstere ist nothwendig, um das Holz in jeder Richtung zu den Fasern bearbeiten zu können. Die Raspelzähne stellen kleine Pyramiden dar, welche durch Einhauen mit dem Spitzeisen hergestellt werden und durchschnittlich zu 12—60 Stück auf 1 *cm*² sitzen. Die Raspeln wirken wie die Feilen nur auf den Stoss, besitzen eine Länge von 7·5—45 *cm* und werden in verschiedenen Querschnitten (dreieckig, quadratisch, rund, halbrund u. s. w.) gefertigt. Man hat auch Raspelmaschinen nach Art der Drehbank gebaut, welche statt der Spindel eine eiserne Achse besitzen, auf der dicht nebeneinander zwei, mit raspelartig gehauenem Stahlring umkleidete, kreisrunde Scheiben befestigt sind, die durch die Achse in Umdrehung versetzt werden.

Zur Erzeugung von Umdrehungskörpern mit Hilfe schneidender Werkzeuge dient die **Drechsler- oder Drehbank**, die aus einem hölzernen oder gusseisernen Gestell oder Rahmen (Drehbanksbett) besteht, welcher die zur Befestigung und Bewegung des Arbeitsstückes und zur Unterstützung des Schneidwerkzeuges bestimmten Theile trägt. Am linken Ende des Rahmens befindet sich das Lager (Spindeldocke oder Spindelstock) der das Arbeitsstück drehenden Welle (Drehbankspindel), deren anderes Ende aus der Spindeldocke herausragt und eine eingeschraubte, kegelförmige Stahlspitze besitzt. Am rechten Ende des Rahmens, der Spindeldocke gegenüber, ist verstellbar der Reitstock angebracht, welcher einen mittelst Schraube und Handrad horizontal verschiebbaren und an dem der Spindeldocke zugekehrten Ende eine Stahlspitze besitzenden Stab (Reitnagel oder Pinne) trägt. Die Drehbank wird bei kleineren Abmessungen mit dem Fuss, bei grösseren durch Riemen, die über eine auf der Spindel sitzende Scheibe gelegt werden, von einer Dampf- oder anderen Kraftmaschine aus bewegt. Der Fussbetrieb besteht meistens aus einer gekröpften Kurbelwelle mit Schwungrad, welche von einem auf- und niedersteigenden Trittbrett durch eine Lenkstange in Umdrehung versetzt wird. Diese Bewegung wird durch eine Lederschnur oder Darmseite vom Ringe des Schwungrades aus auf die Schnurscheibe der Spindel übertragen. Als Werkzeug (Drehstahl, Drehmeissel, Drehröhre) benutzt man, wenn möglichst viel Holz beim Abdrehen fortgenommen werden soll, einen rinnenartig hohlen Schrotmeissel (Schruppstahl), zur Erzeugung einer glatten Oberfläche einen scharfschneidigen Schlichtmeissel, zum Abtrennen des fertigen Gegenstandes einen sogenannten Abstechstahl, zur Herstellung von Façonstücken (Säulen, Stuhl- und Tischbeinen u. s. w.) einen sogenannten Façonstahl, dessen Schneide der hervorzubringenden

'orm entsprechend gebildet ist. Der Meissel erhält einen Zuschärfungswinkel on nur 20—30° und einen Anstellungswinkel von 15—20°. Das Werkzeug ird entweder von dem Arbeiter frei geführt, wobei es auf einer vertellbar eingerichteten, aus einem T-förmigen Stück bestehenden Auflage uht (Handdrehbank), oder es wird mit Hilfe eines aus mehreren gegen inander verstellbaren Theilen bestehenden Werkzeugträgers (Support) zwangäufig bewegt, welcher durch die Hand des Arbeiters oder mittelst maschineller orrichtung (selbstthätig) eine Verschiebung des in ihm fest eingespannten Verkzeuges veranlasst. Der Support gestattet sowohl eine Bewegung des Verkzeuges parallel zur Spindelachse, als auch senkrecht auf diese Richtung ınd eine geradlinige Verschiebung des Werkzeuges schief zur Spindelachse Supportdrehbank).

Die Schnittgeschwindigkeit beträgt bei Bearbeitung harten Holzes —2 *m*, bei weichem Holze über 2 *m*, der Vorschub 0·2—1 *mm* pro Jmdrehung, der Kraftbedarf, je nach der Grösse der Drehbank, 0·4 bis Pferdestärken.

Das Arbeitsstück wird zwischen den genau in einer wagrechten Linie egenden Spitzen der Spindeldocke und des Reitstockes eingespannt. Da ber die Reibung an der Spitze der sich drehenden Spindel für die Mitahme des Arbeitsstückes nicht genügt, so schraubt man auf den Kopf der pindel eine Scheibe (Mitnehmerscheibe) mit einem Stift (Mitnehmer) uf, welcher beim Drehen der Scheibe sich hinter einen Vorsprung des rbeitsstückes legt. Oft begnügt man sich auch mit einer meisselartigen chneide, die quer am vorderen Spindelende sitzt, und auf welche das Arbeitsück aufgetrieben wird. Auch bedient man sich zur Verbindung des Arbeitsückes mit der Spindel des sogenannten Futters, das in einfachster Weise us einem auf dem Spindelkopf aufgeschraubten Holzcylinder besteht, in essen hervorstehendes Ende das Arbeitsstück eingetrieben oder eingesteckt nd entweder mit eingeschlagenen Holzkeilen (Klemmfutter) oder mit chrauben, welche in Richtung des Halbmessers durch die Wand des Hohlylinders gehen, befestigt wird (Schraubenfutter).

Hohle Arbeitsstücke (Röhren) erhalten zur leichteren Verbindung mit er Spindel einen Dorn, welcher in das Futter gesteckt oder durch den litnehmer gedreht wird. Zur Verhinderung des Durchbiegens sehr langer nd verhältnissmässig dünner Arbeitsstücke benutzt man eine zwischen Spindeldocke und Reitstock eingeschaltete Hilfsdocke (Lünette oder Brille), die gewöhnlich aus einem verticalen Rahmen besteht, zu welchem mehrere halbrund ausgeschnittene, das Arbeitsstück zwischen sich nehmende Backen gehören.

Das Arbeitsstück erhält eine Cylinderfläche, wenn sich der Drehstahl parallel zur Drehungsachse des Arbeitsstückes bewegt (Cylindrischdrehen). Hierzu gehört auch das Ausdrehen oder Ausbohren, bei welchem nicht die äusseren, sondern die inneren Flächen des (hohlen) Arbeitsstückes durch Runddrehen mit Hilfe eines hakenförmigen Drehstahles bearbeitet werden. Zum Conischdrehen (zur Erzeugung einer Kreiskegelfläche) ird das Werkzeug in einer die Drehungsachse des Arbeitssückes schneidenden eraden bewegt. Um einen Umdrehungskörper zu erhalten, führt man den rehstahl nach einer beliebigen, mit der Drehungsachse in einer und derselben bene liegenden Linie. Zur Erzeugung einer ebenen Fläche (Plandrehen)

erfolgt die fortschreitende Bewegung des Werkzeuges senkrecht zur Umdrehungsachse. In allen diesen Fällen ist die Drehungsachse des Werkzeuges ihrer Lage nach unveränderlich. Liegt dieselbe jedoch nicht fest, sondern wird sie während der Umdrehung entweder in ihrer Längenrichtung hin und her bewegt oder erfolgt ihre Bewegung senkrecht auf ihre Längenrichtung oder lässt sich bei fest liegender Drehungsachse während einer Umdrehung der Abstand des Drehstahles von der Drehungsachse verändern, so kann man ovale (elliptische) und unrunde Formen (z. B. Bilderrahmen, Schuhleisten, Gewehrschäfte u. s. w.) erzeugen (Ovaldrehen, Passigdrehen).

Die Drehbank lässt sich auch zum Fräsen benutzen, wenn man das Arbeitsstück auf dem Support befestigt und das Werkzeug von der Drehbankspindel drehen lässt. Ferner lassen sich die Drehbänke zum Bohren (Cylinderbohrmaschinen), zum Schneiden von Schrauben u. s. w. einrichten. —

Zur fabrikmässigen Herstellung unrunder Gegenstände, wie z. B. Stuhl- und Tischbeine, Hammerstiele, Holzschuhe, Gewehrkolben u. s. w., und zum Copiren von Holzschnitzereien benutzt man in neuerer Zeit vielfach sogenannte Copirmaschinen (Copirdrehbänke, Façonniermaschinen), welche eine Vereinigung der Drehbank mit der Fräsmaschine darstellen. Bei diesen Maschinen sind das Modell und das zum Copiren nöthige Arbeitsstück in Richtung ihrer Mittellinien (Drehachsen) eingespannt und werden zu gleicher Zeit und mit gleicher Geschwindigkeit (langsam) gedreht. Gegen das Modell lehnt sich mit dem einen Ende ein Rahmen, welcher am anderen Ende eine Fräse oder einen Bohrer trägt und die Bewegung des Werkzeuges so beeinflusst, dass dasselbe nach der Form des Modelles mehr oder weniger tief in das Arbeitsstück eindringt und vor- und rückwärts bewegt wird, zu welchem Zweck der Rahmen eine Längen- und Querverschiebung erhält. Eine andere Einrichtung besteht darin, dass man das Werkzeug feststellt und das Arbeitsstück in eine von der Bewegung des Modelles abhängige Bewegung versetzt. Sollen von einem Modell mehrere (4—6) Copien angefertigt werden, so ordnet man auf einem, auf einem schweren Untergestell ruhenden,

von Thonet) verwendet man als Rohstoff fast ausschliesslich das harte Holz der Rothbuche. Der astfreie Abschnitt eines gerade gewachsenen Rothbuchenstammes wird auf einem Vollgatter zu Pfosten oder Brettern und diese auf Kreissägen zu quadratischen, entsprechend starken Stäben zerschnitten. Diese Stäbe werden auf der Drehbank zugerichtet, sodann 1—2 Stunden lang (je nach ihrer Dicke) in einer aus einzelnen Röhren bestehenden Dampfkammer der Wirkung nassen Wasserdampfes ausgesetzt, hierauf auf den Flächen, welche nach der Biegung die convexen Seiten bilden sollen, mit aufgeschraubten Blechstreifen oder Stahlschienen armirt, so dass sich ihre Fasern beim Biegen nicht mehr verlängern können als diese, und endlich mit oder ohne Hilfe von Maschinen gebogen und in gusseiserne Formen (Biegeformen) gelegt. Das Biegen mit der Hand erfolgt gewöhnlich in der Weise, dass die der Gestalt der Möbeltheile entsprechende Biegeform in unverrückbarer Lage gehalten und das armirte Arbeitsstück von Hand aus in die Form eingelegt und hierauf gebogen wird.

Die Construction und Wirkungsweise der Holzbiegemaschinen richtet sich ganz nach der Art des anzufertigenden Gegenstandes. Im Wesentlichen bestehen die Maschinen aus einem starkgebauten Gestell, welches die Biegeform trägt. Im geringen Abstande von der äussersten Kante der Form sind zwei Schienen mit dem einen ihrer Enden drehbar gelagert, an dem anderen mit Keilen ausgestattet oder mit Ketten umschlungen, welche mittelst Winde angezogen werden können. Beim Anziehen der Keile oder Ketten werden die Schienen der Biegeform genähert. Zwischen Form und Schienen wird das Arbeitsstück eingespannt. Von den im Handel vorkommenden Holzbiegemaschinen sind zu nennen:

die Biegemaschine von Thonet zum Biegen von kreisförmig gestalteten Fussreifen; sie wird mittelst Handbetrieb bewegt;

die Thonet'sche Sitzschlussbackenmaschine;

die amerikanische Maschine zur Herstellung doppelt gekrümmter Stuhl- und Tischfüsse;

die Maschine von Jos. & Jak. Kohn in Wien, mit welcher in der Stunde 50 Stück runde Sitzringe für Sessel hergestellt werden können;

die Biegemaschine von Richon, Lenoir und Petitjean zum Biegen von Bohlen (Planken) zur Bekleidung krummer und windschiefer Flächen des Schiffsrumpfes;

die Biegemaschine von Davidson in New-York, sowie die von Edwin Kilburn in Vermont (Nordamerika) zum Biegen schwacher und starker Bauhölzer;

die Morris-Patentbiegemaschine von J. A. Fay & Comp. in Cincinnati (Ohio) und die Maschinen der Defiance Machine Works in Defiance (Ohio) zur fabrikmässigen Herstellung von allen in der Stellmacherei erforderlichen Bestandtheilen, wie z. B. Radfelgen, Deichselstangen, Deichselgestellen, Pflugschar-Handhebel u. s. w., beziehungsweise zur Herstellung einzelner Wagenbestandtheile;

die Daubenbiegemaschine von Edward & Britain Holmes in Buffalo (Amerika), von M. B. Bodenheim in Cassel, von H. Schlossmacher in Düsseldorf, von J. Hawley & S. Lord in Liverpool u. s. w., zur Krümmung der Fassdauben; letztere Maschine dient gleichzeitig auch zum Trocknen der Dauben;

der Apparat von Hilken & Comp. in Altendorf-Holzminden zur Anfertigung von im Querschnitt trapezförmigen Tonnenbändern aus Hasel-, Birken-, Eichen-, Eschen-, Rothbuchen- oder Weidenholz;

die Maschine von Bahse & Händel in Chemnitz zur Herstellung von Siebrändern, Siebzargen oder Siebläufen aus völlig astreinem Fichten-, Tannen- und Rothbuchenholz;

die Maschine von Johann Schubert in Wien zur Anfertigung von Holzschachteln, Kistchen und Fässchen;

der Apparat von W. Dangerfield zum Biegen von hölzernen Schirm- und Stockgriffen; — u. s. w.

Alle diese Maschinen sind in dem Werke W. F. Exner, »Das Biegen des Holzes« (Weimar 1893, III. Auflage), ausführlich beschrieben und abgebildet.

§. 147. Das Leimen.

Zum Leimen von Holzarbeiten verwendet man einen aus Hautabfällen der Gerbereien oder aus Knochen gewonnenen Stoff (Leder- oder Knochenleim). Dieser Leim soll fleckenlos, durchscheinend, glänzend, hart und spröde, auf dem Bruch glasartig sein, im kalten Wasser selbst nach 48 Stunden nur aufquellen, nicht aber zerfliessen und sich im heissen Wasser nur langsam auflösen. Um eine brauchbare Flüssigkeit zu erhalten, wird der Leim zunächst in kaltes Wasser gelegt und in demselben gelassen, bis er vollständig erweicht ist, was je nach der Dicke der Leimstücke oft schon nach wenigen Stunden, oft aber erst nach einem Tage oder noch später eintritt. Beim Aufquellen nimmt der Leim je nach seiner Güte und Trockenheit das 4- bis 16fache seines Gewichtes Wasser auf. Der aufgeweichte Leim wird in einem Gefäss (Leimtiegel), das man über glühende Kohlen oder besser in kochendes Wasser stellt, bei einer Temperatur von weniger als 100° C. geschmolzen, weil bei grösserer Hitze sich die Güte des Leimes vermindert. Die so gewonnene Leimlösung muss eine gewisse Consistenz und Elasticität

Umwickelung mit Gurten an. Meistens können die Presswerkzeuge schon nach 3—4 Stunden wieder entfernt werden.

Grosse Flächen weichen Holzes können mit einer schwächeren Leimlösung verbunden werden, als solche harten Holzes oder kleinere Flächen. Da harte Hölzer nur wenig Leimmasse einsaugen, so rauht man sie vor dem Leimen mittelst Zahnhobel auf. Poröse Hölzer und Hirnholzflächen sind vor dem Aufpinseln der Leimmasse mit Leimwasser zu tränken, um sie unporöser zu machen; geschieht dies nicht, so saugen sie unnöthig viel Leimmasse auf, und es bleibt nur ein kleiner Theil derselben auf der Oberfläche der Hölzer liegen, so dass die Verbindung nicht fest genug wird. Es empfiehlt sich beim Zusammenleimen von Hirnflächen, zwischen dieselben ein Stückchen Gaze zu legen. Fettflecke sind vor dem Leimen von den Holzflächen sorgfältig zu entfernen.

Zur Beschleunigung des Anhaftens der Leimmasse dient ein Zusatz von Spiritus zur Leimlösung oder ein Abreiben der Holzflächen mit Knoblauch, zur Erhöhung der Haltbarkeit und Festigkeit der Verbindung ein Zusatz von Schlämmkreide, Asche u. s. w., zur Verhütung der Fäulniss ein sehr geringer Zusatz von Creosot oder Carbolöl, zur Erzielung von Wasserdichtigkeit ein Zusatz von Leinölfirniss, concentrirtem klaren Galläpfelauszug, Alaun oder doppeltkohlensaurem Kali (bewährte Mischung: 1 Leim, 4 Wasser, 1 Leinölfirniss), zum Leimen von Metall auf Holz (zu eingelegten Arbeiten) ein Zusatz von Schwerspath, Bleiweiss oder Zinkweiss.

Die Festigkeit der Leimung hängt ab von der Holzart, von der Fasernlage, von der Beschaffenheit des Leimes, von der Erhärtungsdauer, von der Zubereitung des Leimes, von der Art der Inanspruchnahme u. s. w., und sie ist grösser beim Zusammenleimen von Hirnholz mit Hirnholz als bei dem von Langholz mit Langholz, wie aus folgender von Karmarsch aufgestellten Tabelle hervorgeht, in welcher die zum Zerreissen erforderliche mittlere Kraft auf 1 cm^2 und rechtwinkelig gegen die Leimfläche angegeben ist.

	Beim				
	Rothbuchenholz	Weissbuchenholz	Eichenholz	Tannenholz	Ahornholz
	Kilogramm				
Hirnholz an Hirnholz . . .	150	101	122	105	100
Langholz an Langholz . . .	78	79	55	24	63

Bauschinger theilt im »Bayerischen Industrie- und Gewerbe-Blatt«, 1884, S. 1, über die Bindekraft die auf Seite 408 abgedruckte Tabelle mit:

Leimsorte	Widerstand gegen Abscheerung		Widerstand gegen Abreissen
	nach 1 Tag	nach 3 Tagen	nach 5 Tagen
	Kilogramm für 1 cm^2		
Nr. 1	41	70	19
» 2	44	57	22
» 3	64	68	17
» 4	50	56	20
» 5	45	61	20
» 6	50	59	28
» 7	60	63	20
» 8	60	61	22
» 9	41	65	23
» 10	39	55	29
» 11	52	58	26
» 12	68	68	34
» 13	27	38	14
» 14	67	75	23
» 15	43	73	36
» 16	39	69	37

Ueber das Kitten des Holzes vergleiche § 238.

§ 148. Anstreichen, Beizen, Fournieren und Einbrennen.

Da in den §§ 259—265 dieses Werkes die verschiedenen Anstriche der Hölzer eingehend behandelt worden sind, so begnügen wir uns hier mit einigen wenigen Angaben, die zum Theile jene Mittheilungen ergänzen.

Will man das Gefüge des Holzes nicht verdecken, also z. B. Fussböden oder Constructionstheile aus ausgesuchtem, ansehnlichem, fehlerfreiem, gut gehobeltem Holz (Gebälk, Veranden, Holztäfelungen im Inneren u. s. w.) durch einen Anstrich nur dauerhafter und mit Wasser abwaschbar machen, so wendet man einen Anstrich mit gekochtem Leinöl oder Leinölfirniss an. Das zu ölende Holz wird vorher rein abgewaschen und muss möglichst trocken sein. Das Oel wird kochend heiss mit einem Borstenpinsel aufgetragen. Je trockener das Holz und je heisser das Oel ist, desto mehr dringt von dem letzteren in das Holz ein, desto haltbarer wird der Anstrich, aber auch desto mehr kostet er. Man rechnet gewöhnlich für den ersten Anstrich für 1 m^2 Holzfläche eine Oelmenge im Gewichte von 150 *g*.

Etwa 24 Stunden nach dem ersten Oelen werden alle etwa vorhandenen Lücken und eingeschlagenen Stellen verstrichen. Sobald der erste Anstrich hinreichend trocken geworden ist, d. h. nicht mehr klebt, was unter Umständen erst nach 2—3 Tagen eintreten kann, wird von Neuem kochend heisses Oel aufgetragen und nachher ebenfalls sorgfältig verstrichen. Zum dritten und gewöhnlich letzten Anstrich verwendet man am besten ganz dünnflüssiges Leinöl, das aber nicht zu lange gekocht haben darf. Nach etwa 14 Tagen, während welcher Zeit der Oelanstrich vollständig zu trocknen pflegt, wird die Holzfläche, sofern sie noch klebrig ist, mit lauwarmem Seifenwasser abgewaschen. Nach erfolgter Abnutzung des Anstriches genügt meistens ein einmaliges Auftragen von Leinölfirniss.

Nur selten, wenn nämlich das Holz nur gegen Dämpfe und feuchte Luft geschützt werden und der Anstrich möglichst billig sein soll, benutzt man für denselben Leimfarben. Soll das Holz einen Anstrich mit Deckfarben (Oelfarben) erhalten, so wird es selten mit Leinöl grundirt, sondern man begnügt sich gewöhnlich mit einem Ueberstrich der harzigen Stellen (Aeste) mittelst Schellacklösung. Zum ersten Anstrich benutzt man zweckmässig eine ziemlich fette, d. h. farbstoffarme und dünnflüssige Oelfarbe. Sobald der erste Anstrich getrocknet ist, werden alle Schrauben, Nagelköpfe u. s. w. mit einem aus Firniss, Bleiweiss und Kreide bereiteten Kitt sauber und sorgfältig eingekittet, die eisernen Beschläge von Schmutz und Rost gereinigt und mit Mennige grundirt und die Holzflächen mit trockenem Bimsstein abgerieben behufs Beseitigung aller Unreinlichkeiten, Tropfen, Blasen u. s. w. Den zweiten Anstrich trägt man mit einer mageren (farbstoffreichen) Oelfarbe auf und reibt nach dem Trocknen desselben die Holzfläche mit Glaspapier ab. Zum dritten und meistens letzten Anstrich verwendet man eine ziemlich fette, oft zur Erhöhung des Glanzes mit dick eingekochtem Leinöl (Glanzöllack) versetzte Oelfarbe und nur bei maserirten Arbeiten eine magere.

Am besten haben sich für Holzanstriche Erdfarben bewährt; jedenfalls darf man zum letzten Anstrich niemals Bleiweiss verwenden, weil dasselbe in schwefelwasserstoffhaltiger Luft vergilbt, auch weil alle Bleiweiss enthaltenden Farbkörper wenig Härte besitzen und daher leicht abgetreten werden. Zu weissen Anstrichen empfiehlt sich vielmehr die Verwendung von Zinkweiss oder, wenn dieselben Glanz erhalten sollen, das Lackiren mittelst Dammarlackes. Wenn die Holzfläche mit Copallack, Bernsteinlack u. s. w. schliesslich bestrichen werden soll, so begnügt man sich gewöhnlich mit zwei Oelfarbenanstrichen. Die Holzflächen müssen vor dem Anstrich möglichst trocken sein, weil feuchtes Holz Blasenbildungen hervorruft, indem die Feuchtigkeit unter Wärmeeinwirkung verdampft und die dünne Farbdecke aufhebt. Auch muss das Holz von allen etwaigen Fettflecken vor dem Anstreichen gesäubert werden.

Die zum Schutze des Holzes gegen die Gefahr der Entzündung empfohlenen Anstriche sind im § 154, die Anstriche gegen Wurmfrass im § 152, gegen Hausschwamm im § 153, gegen Nässe im § 151 angegeben.

Handmalereien auf Holzgegenständen (Tischplatten, Kästchen u. s. w.) werden in Aquarell- oder Deckfarben ausgeführt. Das Holz (am besten Ahornholz) wird zunächst mit einer Gummi-, Schellack- oder Leimlösung imprägnirt und dann mit Glaspapier abgerieben, hierauf wird auf den Grund die Zeichnung aufgepaust, die Malerei ausgeführt und endlich zum Schutze derselben über die Fläche farbloser Lack gestrichen.

Zum Färben des Holzes, entweder durch die ganze Masse (wie z. B. bei dünnen Fournierbrettern) oder nur oberflächlich (wie z. B. bei verarbeiteten Hölzern, Möbeln u. s. w.), um hellem, unschönem Holze ein dunkleres Aussehen zu geben, wenn dasselbe mit dunklerem derselben Art zu einem Stück verarbeitet werden soll, oder um dem Holz eine in der Natur selten oder gar nicht vorkommende (grüne, blaue, violette u. s. w.) Farbe zu verleihen, ferner um einheimischen, billig zu erstehenden Hölzern das Aussehen fremder, kostbarer Hölzer zu geben, benutzt man **Beizen**, d. h. Abkochungen von Farbhölzern oder Auflösungen von Farbstoffen oder ätzende Flüssigkeiten,

wie z. B. Salpetersäure, auch Lösungen von übermangansaurem Kali in Wasser, Salmiakgeist u. s. w.

Durch das Beizen wird das Gefüge des Holzes nicht verdeckt, sondern im Gegentheil schärfer hervorgehoben. Ist das Gefüge ein dichtes, so erfolgt die Aufnahme der Beize langsam und schwer; Hölzer mit schwammigem oder porösem Gefüge lassen sich dagegen schnell und leicht beizen und werden daher auch meistens dunkler gefärbt als solche mit dichtem Gefüge. Am schnellsten und leichtesten lässt sich über Hirn geschnittenes Holz färben, weil es die Beize sehr begierig aufsaugt. Ganz gleichmässig färben lassen sich nur Hölzer mit feinem und sehr gleichmässigem Gefüge, sowie namentlich solche ohne grosse und stark glänzende Spiegel.

Gebeizte dünne Bretter bereiten in Folge der Aufnahme von Salzen u. s. w. der Bearbeitung mehr Schwierigkeiten als ungebeizte, auch verziehen sie sich leicht. Sollen Hölzer durch ihre ganze Masse gefärbt werden, so müssen dieselben in besonderen *Beizöfen* lange Zeit mit der Färbeflüssigkeit gekocht werden. Deshalb kann man zusammengeleimte Stücke nur *oberflächlich* färben, denn durch Hitze- und Dampfeinwirkung würde sich die Leimung lösen und dann das Stück zerfallen. Erfolgt die oberflächliche Färbung mit wasserhaltiger Beize, so tritt ebenfalls leicht ein Verziehen des Holzes und ein Loslösen der zusammengeleimten Theile ein, so dass also auch hierbei mit grosser Vorsicht verfahren werden muss.

Vor dem Beizen werden die Hölzer mittelst Hobel, Raspel, Ziehklinge u. s. w. geglättet oder nur flüchtig abgeschliffen und dann $1^1/_2$—2 Tage lang bei einer Temperatur von etwa 40^0 C. getrocknet. Um eine gute Färbung zu erzielen, empfiehlt es sich, das Holz vor dem Beizen etwas anzuwärmen, damit die Holzporen geöffnet sind und die Beize schneller und leichter eindringt.

Wird die Farbstoffbrühe warm verwendet, so erhält man eine gesättigtere und haltbarere Färbung. Ein geflammtes Aussehen kann man dem Holze geben, wenn man vor dem Beizen einzelne Theile mittelst halbscharfer Ziehklinge quer gegen die Fasern abzieht; solche rauhe Stellen

der Flüssigkeit), essigsaure Eisenoxydlösung (aus in heissem Essig aufgelösten Eisenfeilspänen), Zinnsolution (Zinn und Salzsäure) u. s. w.

Die Beiztincturen verändern häufig den Farbenton. Manche rothe Farbe wird z. B. durch Schwefelsäure in Violett, manche andere in ein höheres Roth verwandelt; Pottaschentinctur verwandelt die rothe Farbe des Fernambukholzes in eine purpurrothe, Alaunlösung in eine carmoisinrothe; Kupferwasser macht die Indigofarbe feuriger; Salmiakgeist verwandelt das Carmin- oder Cochenilleroth in ein Carmoisinroth, u. s. w.

Einige bewährte Recepte zum Färben von Hölzern sind folgende:

1. Für Schwarz (Ebenholznachahmung):

8 Theile Blauholzextract mit 512 Theilen Wasser vermischt und der Mischung gelbes chromsaures Kali hinzugesetzt;

Blauholzextract mit Wasser, dem etwas Alaun hinzugefügt, gekocht, abgegossene Brühe heiss aufgetragen, nach dem Trocknen Holzfläche mit essigsaurer Eisenoxydlösung, Eisenchlorid oder chromsaurem Kali behandelt;

Holz mit Galläpfelabkochung getränkt, dann mit in Spiritus oder Wasser löslichem Nigrosin (Anilinschwarz) behandelt.

2. Für Braun (Nachahmung von Mahagoni- und Nussbaumholz):

Auflösung von übermangansaurem Kali (färbt alle Hölzer braun);

Salmiakgeist (färbt Eichenholz schön braun);

64 *g* Drachenblut in $1^1/_4$ *l* gereinigtem Spiritus gelöst (färbt Buchenholz mahagoniartig);

doppeltchromsaures Kali (färbt Buchenholz braun);

Anbeizung mit Katechulösung in sodahaltigem Wasser und nachfolgende Behandlung mit einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali in Wasser;

Abkochung von echten Mahagonispänen (färbt Nussbaum- und Ulmenholz mahagoniartig);

starke Abkockung von Wallnussschalen in Wasser (färbt schön braun; ein kleiner Zusatz von Orlean und Pottasche erzeugt einen röthlichen Ton).

3. Für Roth (in den verschiedenen Tönen):

16 *g* feinpulverisirte Cochenille mit 64 *g* Cremor tartari und 200 *g* Zinnsolution giebt Scharlachroth, mit Salmiakgeist versetzt Rosa, Pfirsichblüthenroth oder Fleischroth, je nach Menge des Zusatzes; das Holz wird in dieser Brühe gekocht;

16 *g* feinster Carmin mit filtrirtem Regenwasser etwa 5 Minuten lang gekocht, dann etwas Salmiak zugesetzt und das Ganze nochmals 2—3 Minuten lang gekocht, giebt Scharlachroth;

1 Theil Cochenille in 160 Theilen Wasser mit 4 Theilen Weinstein;

5 Theile Krappwurzel mit 4 Theilen Wasser in einem in kochendem Wasser stehenden Gefäss digerirt;

Lösungen von Anilinroth (Fuchsin) färben mehr carmoisinroth.

Anbeizung mit Zinnchlorid, dann Behandlung mit einer Abkochung von 8 Theilen Fernambukholz und 1 Theil Alaun;

130 *g* Weinstein, 120 *g* gestossener Alaun, 80 *g* Galläpfelpulver in 14 *l* Wasser gekocht, Holz in dieser Brühe gekocht, dann 80 *g* mit Essig und Alaun abgeriebene Cochenille hinzugefügt und Holz von Neuem gebeizt (färbt carmoisinroth und mit Salmiak versetzt purpurroth);

1000 *g* Kampecheholz und 500 *g* Fernambukholz mit 8 *kg* Wasser mindestens 60 Minuten lang gekocht, dann mit dieser Brühe Holz gefärbt

und nach dem Trocknen mit einer Lösung von 16 *g* Pottasche in 500 *g* Regenwasser bestrichen.

4. Für Gelb:

Salpetersäure (färbt alle Hölzer gelb);

Zinnauflösung (giebt weissen Hölzern eine goldgelbe Farbe);

Anbeizung mit Alaun oder Zinnsalz (Zinnchlorid), dann Holz mit einer Gelbholz-, Quercitron- oder Curcuma-Abkochung bestrichen;

Anbeizung mit einer Lösung von 3 Theilen essigsaurem Bleioxyd in 100 Theilen Wasser, dann Behandlung des Holzes mit einer Auflösung von 1 Theil doppeltchromsaurem Kali in 100 Theilen Wasser (lässt sich durch Essig- oder Pottaschen-Zusatz beliebig von Kanariengelb bis Roth abtönen; giftig);

32 *g* Krapp mit saurem Geist übergossen, so dass letzterer 5 *cm* übersteht, Holz nach 24 Stunden in diese Flüssigkeit gelegt und in derselben 3—4 Tage lang gelassen;

Apfelbaumrinde oder Birkenlaub in Alaunwasser gekocht.

5. Für Blau:

Käuflicher Indigoextract oder Indigocarmin mit der nöthigen Wassermenge verdünnt und Holz in diese Flüssigkeit eingelegt;

Anilinblau ebenso behandelt (hat geringe Haltbarkeit);

70—95 *g* Blauspäne mit $^1/_2$ *kg* abgekochter guter Pottaschen- oder Buchenholzaschenlauge in einem Messinggefässe gekocht, Brühe durchgeseiht und mit 33 *g* zart zerstossenem Vitriol versetzt; soll der Ton kälter und feiner werden, so setzt man der Flüssigkeit noch 5—8 *g* Grünspan hinzu;

130 *g* Lackmus mit $4^1/_2$ *l* Kalkwasser gekocht und Holz damit bestrichen;

Anbeizung mit dünner Eisenoxyd- oder Eisenchloridlösung, darauf Behandlung des Holzes mit Blutlaugensalzlösung.

6. Für Grün:

Holz erst gelb gebeizt, dann in blaue Beize gelegt — oder umgekehrt;

mit Essig abgeriebener Grünspan mit Schwefelsäure gekocht (färbt

rothe Farbe und werden durch eine Krappabkochung gleichförmig kastanienbraun gefärbt. Eine Gummiguttilösung verleiht dem Akazienholz eine dunkelcitronengelbe, dem Pappelholz eine wachsgelbe, dem Nussbaum- und Birnbaumholz eine schöne braune und dem Kastanienholz eine mahagoniartig rothbraune Farbe. Safranlösung in Wasser färbt Nussbaum- und Birnbaumholz dunkler als Eschen- und Kastanienholz. Alle mit Pottasche zubereiteten Beizen erblassen stark, alle mit Säuren hergestellten besitzen dagegen meistens eine grosse Haltbarkeit.

Ferner ist noch zu erwähnen, dass sich Lindenholz und Ahornholz mit Theerfarbstoffen weit schöner färben lassen als Tannen- und Fichtenholz, dass letzteres sowie Ahornholz durch eine Lösung von doppeltchromsaurem Kali in Wasser eine gelbe Färbung annehmen und dass Eichenholz durch diese Beize in Folge seines Gerbstoffgehaltes dunkelbraun wird.

Statt billigen inländischen Hölzern mittelst Beizen das Ansehen von kostbaren ausländischen zu geben, belegt man sie mit ganz dünnen (1—3 *mm* dicken) Platten (Fournierblättern), welche aus 2—3 *m* langen Bohlen edlen Holzes mittelst Handsägen (Fourniersägen) oder Fournierschneidemaschinen geschnitten oder zur Vermeidung jeden Verlustes durch Spanbildung mit einem breiten, hobelartigen Werkzeug gespalten oder auf einer Drehbank mittelst Messer von gleicher Länge wie das Holz durch einen spiralförmigen Schnitt in Form sehr langer Blätter geschnitten werden. Im letzteren Falle muss die Holzfaser vorher durch mehrstündiges Kochen erweicht und unmittelbar nach dem Kochen im heissen Zustande verarbeitet werden.

Das **Fournieren** gewährt gegenüber dem Beizen den Vortheil, dass sich die Holzgegenstände weniger leicht werfen; ausserdem besitzen fournierte Gegenstände stets eine grössere Haltbarkeit als massive von derselben Holzart.

Zum Fournieren wählt man solche Hölzer, welche sich entweder durch eine schöne Färbung oder durch eine prachtvolle Zeichnung, beziehungsweise Maserung auszeichnen, namentlich Mahagoni-, Palisander-, Jakaranda-, Nussbaum-, Eben-, Rosen-, Buchsbaum-, Cedern- und Eichenholz und als Blindholz solche Hölzer, die sich nach dem Trocknen möglichst wenig verziehen, also besonders Linden-, Pappel- und Tannenholz, auch mit Vortheil astfreies, schlichtes Eichenholz, weil dasselbe sehr fest ist und den Leim gut aufnimmt.

Die einzelnen Fournierblätter werden auf dem Blindholz so nebeneinander angeordnet, dass ihre Adern und Flammen hübsche, symmetrische Zeichnungen bilden; zum Fournieren ovaler, runder und vieleckiger Flächen wählt man mit Vorliebe einen Stern aus keilförmig zugeschnittenen Blättern, u. s. w.

Die Fournierblätter werden auf ihrer Unterfläche mit dem Fournierhobel (Zahnhobel) aufgerauht (gezähnt), damit die Leimung besser hält, und vor ihrer Verwendung gut ausgetrocknet. Um ein Krummziehen der Blätter beim Trocknen zu verhüten, benutzt man — namentlich bei sehr maserigen Stücken — heisse Zulagen, zwischen die man die Blätter legt.

Sind ebene Flächen zu fournieren, so bestreicht man sie gleichmässig mit einem nicht zu schwachen, gleichmässig starken Leim, legt die Fournierblätter, welche keinen Leimanstrich erhalten, auf und presst das Ganze fest zusammen, indem man zuerst die in der Mitte der Tafel angesetzte Leimzwinge anzieht, um den überflüssigen Leim nach den Kanten hin

zu drängen. Man benutzt beim Pressen *Zulagen*; dieselben dürfen keine Feuchtigkeit zur Vermeidung von Blasenbildung enthalten. Handelt es sich um das Fournieren *schmaler* Flächen, so verwendet man zum Pressen keine Leimzwingen, sondern reibt die Fournierblätter bis zu ihrem festen Anhaften auf dem Blindholz mit einem angewärmten Fournierhammer. Um ein Rissigwerden gänzlich zu vermeiden, empfiehlt es sich, auf das Blindholz erst ein Eichenholzfournier und nach dem Trocknen desselben darüber das werthvolle Aussenfournier aufzuleimen.

Bei *Karniessen und anderen Gliedern* fourniert man jedes zwischen zwei Kanten liegende Glied für sich und benutzt zum Anpressen eine dem Glied entsprechend ausgekehlte Zulage, welche dasselbe wie eine Form bedeckt. Das Fournier wird auf der Oberseite mit starkem Papier beklebt, auf der Unterseite mittelst Hobel gezahnt (verdünnt), um es recht biegsam zu machen, dann auf das geleimte Blindholz gelegt, mit der Zulage bedeckt und gepresst, indem man die Leimzwingen nach und nach fester schraubt. Ist das Fournier getrocknet, so wäscht man das aufgeklebte Papier mit lauwarmem Wasser ab. Ein anderes Verfahren besteht darin, dass man das Blindholz mit Seife, das Fournier mit Leim bestreicht, das Ganze zusammenpasst, die abgeputzte Fläche des Fourniers mit dünnem, geleimtem Papier beklebt, dann das Fournier vom Blindholz wieder ablöst, beide Theile reinigt und darauf das Fournier endgiltig aufleimt. (Siehe: *Mothes*, a. a. O., Bd. II, S. 367.)

Säulen und andere runde Holzgegenstände werden mit verdünnten Fournierblättern belegt, welche eine grössere Fläche besitzen, als der Umfang erfordert. Die Blätter werden schwach gekrümmt, indem man sie mit ihrer Unterseite über ein Feuer von Hobelspänen hält, dann werden sie auf das geleimte Blindholz gelegt, mit entsprechend gestalteten Zulagen bedeckt und gepresst oder mit Schnüren spiralförmig umwunden, wobei man sich oft besonderer Maschinen (*Fourniermaschinen*) bedient.

Zum Fournieren benutzt man auch Blätter von verschiedener Farbe (*bunte Fournierung*), indem man aus denselben mittelst Schnitzers oder einer scharfen Reissahle, eines Stemmeisens, einer Laubsäge oder bei kreis-

Eine bunte Fournierung erhält man auch dadurch, dass man zwei verschieden gefärbte Blätter aufeinander legt, das oberste mit Papier beklebt, auf dasselbe das gewünschte Muster aufpaust, nach der Zeichnung mittelst Laubsäge aus freier Hand oder mittelst Decoupirsäge beide Blätter gleichzeitig ausschneidet und die aus dem einen Blatt herausfallenden Stücke in die entsprechenden Durchbrechungen des anderen einlegt; man erhält auf diese Weise gleichzeitig zwei verschiedene, aber vollständig fertige Muster ohne wesentlichen Stoffverlust.

Mittelst Holzmosaik lassen sich auf den Holzplatten u. s. w. ausser geometrischen Mustern und Ornamenten auch Figuren, bildliche Darstellungen, ganze Landschaften, Architekturen u. s. w. herstellen. Berühmt sind die Arbeiten von David Röntgen in Neuwied am Rhein.

Haben alte fournierte Holzarbeiten Blasen u. s. w. erhalten, so dass die Abnahme der Fournierblätter erwünscht erscheint, so wäscht man ihre Oberfläche mit kochend heissem Wasser und einem groben Tuch sorgfältig ab, erwärmt sie (z. B. mit einem Plätteisen), reibt sie dann mit Leinöl ab, erwärmt sie nochmals, damit das Oel das ganze Fournier durchdringe, und löst dann das Blatt mit aller Vorsicht ab; hierauf entfernt man den alten Leim vom Blindholz, streicht neuen sehr gleichmässig auf, legt das Blatt wieder auf und presst es bis zum Festhaften.

Dünne Fournierblätter benutzt man auch zum Bekleben von Bücherdeckeln, sowie zur Herstellung von Besuchskarten, Tapeten (siehe § 275) u. s. w.

Zu den eingelegten Arbeiten verwendet man auch Gold, Silber und andere Metalle, Perlmutter, Schildplatt, Elfenbein (namentlich auf Ebenholz), schön gefärbte geschliffene Steine (wie z. B. Lasurstein und Malachit), gefärbtes Glas u. s. w. Die Stücke werden in entsprechend gestaltete Vertiefungen eingedrückt oder eingeklopft oder mit Hilfe von Leim, Firniss u. s. w. mit den Holzflächen fest verbunden.

Verzierungen lassen sich auf der Holzoberfläche durch Einbrennen erzeugen; entweder benutzt man hierzu erhitzte eiserne Formen, die man auf das Holz presst, so dass die gebrannten Stellen mehr oder weniger intensiv braun erscheinen, und hobelt dann die Holzfläche bis zum Verschwinden der Vertiefungen ab, so dass die Figuren wie getuscht aussehen, oder man verwendet einen glühenden, mit freier Hand über die Linien der aufgezeichneten Figuren, Ornamente u. s. w. geführten, aus Platin oder Stahl gefertigten Stift (elektrischen oder Benzin-Brennstift), wobei man sich mit Vortheil des Krempelhuber'schen Glühapparates mit Benzinfüllung bedient, oder man benutzt die von Bernhard Ludwig in Wien eigens für diesen Zweck construirte Brennmaschine. Man nennt diese Kunst Holzbrandtechnik oder Pyrographie.

§ 149. Holzwolle und Holzstoff (Holzschliff und Holzcellulose).

Unter **Holzwolle** versteht man feine, schmale, gekräuselte Hobelspäne, welche in besonderen Maschinen — z. B. in der Holzwollmaschine der Meissener Eisengiesserei und Maschinenbauanstalt (vormals F. L. u. E. Jakobi) in Meissen, von C. L. P. Fleck Söhne in Berlin, von Anthon Söhne in Flensburg, von Kirchner & Comp. in Leipzig-Sellerhausen, von Anton Jrat in Uebersdorf (Böhmen) u. s. w. — hergestellt werden, bei

denen das Holz gegen ein hin- und hergehendes Messer oder gegen eine mit Messern armirte rotirende Scheibe angedrückt wird. Die Holzwolle dient als Verpackungs- und Polsterstoff, zum Frottiren, als Viehstreu, als Verbandmittel an Stelle der Charpiewolle u. s. w., und gefärbt zur Herstellung von Matten sowie zum Flechten von Teppichen.

Der **Holzstoff (Holzzeug, Holzschliff, Cellulose)** stellt eine aus zerfasertem Holz bestehende Masse dar, welche hauptsächlich in der Papierfabrikation als Ersatzstoff der Hadernfaser dient, aber auch zu anderen, weiter unten angeführten Zwecken benutzt wird. Man gewinnt diese Masse auf mechanischem oder chemischem Wege aus den europäischen Nadelhölzern (Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche) sowie aus einigen Laubhölzern (namentlich Espe und Erle, seltener Pappel, Linde, Birke oder Buche). Von den Nadelhölzern eignet sich für diese Verarbeitung am besten die Fichte, von den Laubhölzern die Espe. Nadelhölzer liefern einen härteren, gelblichen, Laubhölzer einen weicheren, weisslichen Holzstoff. Es empfiehlt sich, beim mechanischen Zerfasern des Holzes nicht zu alte Stämme zu verwenden, weil deren Holzzellen zu stark verhärtete Incrustationen (Lignin) besitzen, aber auch nicht frisch gefällte Stämme zu benutzen, weil die Incrustationen leicht den Schleifstein verschmieren. Zweckmässig wählt man Stämme von 10—25 *cm* Durchmesser, die nach dem Fällen mehrere Monate lang gelagert haben, und solche mit schwammig gewachsenem Holz, das reich an reiner Cellulose und arm an Incrustationen ist.

Man entfernt zunächst von den Stämmen die Rinde, wobei man sich zweigriffiger Messer oder einer Rindenschälmaschine (z. B. der von W. Kapp in Düsseldorf construirten) bedient, die hauptsächlich aus einer sich in verticaler Ebene drehenden sowie mit wenig vorstehenden Messern besetzten Scheibe und einem flachen Tische oder geriffelten Walzen besteht, auf denen der Stamm den mit geraden oder gekrümmten Schneiden versehenen Messern entgegengeführt wird. Hierauf zertheilt man den Stamm mittelst Pendel- oder Kreissäge in der Breite des Schleifsteines in entsprechend lange Stücke, beseitigt durch Herausbohren oder Herausschlagen die Aeste, sowie die kranken und faulenden Theile und spaltet die Stücke in Richtung der Fasern entweder mit von Hand geführtem Messer oder mittelst einer Holzspalt- oder Hackmaschine, die aus einem Gusseisengestell besteht, an welchem in verticaler Richtung ein am unteren Ende mit scharfen Messern ausgestatteter Schlitten durch Kurbel und Kurbelstange auf und nieder bewegt wird, wobei er das auf dem Tisch des Gestelles ruhende Holz spaltet. Das zerkleinerte Holz wird nunmehr auf einem, mit einer Umfangsgeschwindigkeit von höchstens 15 *m* in wagrechter Ebene auf senkrechter Achse oder in senkrechter Ebene auf wagrechter Achse rotirenden und aus grobem, gleichförmigem Sandstein bestehenden Schleifstein von mindestens 1·3 *m* Durchmesser und 0·5 *m* Dicke geschliffen, indem man es mittelst mechanischer Vorrichtungen ununterbrochen an diesen Stein so andrückt, dass seine Fasern parallel zur Achse liegen, und durch kräftiges Bespritzen mit Wasser oder dadurch, dass man den horizontal angeordneten Stein unter Wasser setzt und also das Zerfasern unter Wasser vornimmt, eine Verunreinigung der Schleiffläche des Steines durch Holzfasern verhindert. Zum Zerfasern benutzt man auch eigens construirte Holzschliff- oder Defibreurmaschinen, z. B. die nach dem System Völter erbaute.

Von dem Schleifstein oder der Maschine fliessen die mit Wasser gemengten Holzfasern dem Sortirapparat (Epurateur) zu, in welchem die ungleich grossen Theile von einander getrennt werden. Man benutzt hierzu entweder cylinderförmige und um eine Achse rotirende Siebe (Dreh- oder Cylindersiebe) oder mit Schüttelvorrichtung versehene und in Rahmen angeordnete Siebflächen (Rahmen- oder Schüttelsiebe), welche Drahtgewebe mit länglichen Maschenöffnungen besitzen. Gewöhnlich sortirt man die Holzfasern in sechs Nummern und erhält dann: Splitter, zu grobe Fasern, grobe, feine und feinste Fasern und unbrauchbares Holzpulver. Zu benutzen sind nur die groben, feinen und feinsten Fasern; erstere werden weiter zerfasert, und zwar im Raffineur, der eine Art Mahlgang mit zwei scharfen, übereinander gelegten Steinen darstellt, dessen oberer Stein rotirt, während der untere festliegt.

Die Holzfasern werden, sofern sie die erforderliche Feinheit besitzen, den übrigen Nacharbeiten zugeführt, welche aus dem Entwässern und Bleichen der Masse bestehen. Die Entwässerung der Masse wird in der Regel nur soweit vorgenommen, dass das Holzzeug noch etwa 40—60 % Feuchtigkeit enthält. Man benutzt hierzu entweder hydraulische oder Spindelpressen oder Cylinder- und Langsiebmaschinen oder Schleudermaschinen oder Abtropfkästen und erhält dadurch entweder sogenannten gepressten Kuchen oder Pappe oder Schabstoff. Eine weitergehende Entwässerung empfiehlt sich nicht, weil dann — besonders bei Verwendung von Nadelhölzern — das Harz die Fasern so stark zusammenklebt, dass eine spätere Trennung der Fasern grosse Schwierigkeiten bereitet. Das Bleichen des Holzzeuges erfolgt durch Behandlung mit doppeltschwefligsaurem Kalk oder doppeltschwefligsaurem Natron.

Bei diesem mechanischen Process werden die dem Holze die Festigkeit und Härte verleihenden Incrustationen der Holzzellen fast gar nicht angegriffen, daher besitzt der auf diesem Wege erzeugte Holzstoff Sprödigkeit und kann deswegen allein zur Papierfabrikation nicht benutzt werden, denn das aus ihm hergestellte Papier würde keine grosse Haltbarkeit besitzen. Beim chemischen Process dagegen werden diese Incrustationen, auch Harz, ätherisches Oel u. s. w. beseitigt, sowie die Holzfasern freigelegt und man erhält sehr lange, elastische, leicht verfilzungsfähige Fasern, die ohne Lumpenzusatz zu Papier verarbeitet werden können. Der chemische Process liefert also einen werthvolleren Holzstoff; derselbe wird Holzcellulose genannt, während der auf mechanischem Wege gewonnene gewöhnlich mit dem Namen Holzschliff bezeichnet wird.

Beim chemischen Verfahren werden die auf dieselbe Weise, wie oben beschrieben wurde, zerkleinerten Holzstücke (dicken Späne) entweder in Aetznatronlauge von 12° *B.* in eisernen Cylindern gekocht, wobei man dann die sogenannte Natroncellulose erhält, oder man kocht (nach dem Verfahren von Tilghman in Nordamerika oder von R. u. A. Mitscherlich in Deutschland) die Späne in Lauge von schwefligsaurem und in schwefliger Säure gelöstem Kalk oder Magnesia (Calciumbisulfitlösung oder Magnesiumbisulfitlösung) in grossen Kochkesseln, wobei sogenannte Sulfitcellulose oder Sulfitstoff entsteht, oder man benutzt eine Calcium-Magnesium-Sulfitlösung oder auch verflüssigtes Schwefligsäureanhydrid.

Das Kochen erfolgt unter einem Druck von 4—8 Atmosphären und erfordert eine lange Zeit, deren Dauer vom Inhalt des Kochgefässes abhängt. Nach dem Kochen wird der bräunlich gefärbt erscheinende weiche Holzstoff im Holländer gewaschen und soweit aufgelöst, dass man ihn auf einer Cylinder- oder Langsiebmaschine in Pappe umwandeln kann. Häufig wird die Holzcellulose auch vor ihrer Verwendung wie der Holzschliff noch weiter gebleicht.

Verwendungen des Holzstoffes.

1. Herstellung von Papier und Papiermaché. Holzstoffhaltiges Papier wird unter der Einwirkung der Luft und des Sonnenlichtes leicht gelb und brüchig.

2. Künstliches Holz.

a) Verfahren von Wiederhold.

Getrocknetes Holzzeug wird mit einer dünnen Leimlösung getränkt oder selbst aus einer Leimlösung gepresst. Die gepressten Gegenstände erhalten nach dem Trocknen einen Anstrich mit besonders dick eingekochtem Leinölfirniss, der heiss aufgetragen wird. Durch mehrmalige Wiederholung dieses Anstriches werden die Gegenstände wasserdicht. Man kann sie nach dem Trocknen schleifen und poliren oder mit Oelfarben bestreichen und dann lackiren. Die Masse lässt sich auch beliebig färben; das Beizen ist jedoch vor der Imprägnirung mit Leinölfirniss, am besten sogar vor dem Pressen in die Formen vorzunehmen.

b) Verfahren von Grünert.

Gefärbtes Holzzeug (Holzschliff oder Holzcellulose) wird mit Syrup oder Glycerin, auch mit Wasserglas, wenn das künstliche Holz Wasserdichtigkeit besitzen soll, und mit Leim oder Firniss vermengt, so dass eine consistente Masse entsteht. Letztere wird in Formen gepresst, die aus einzelnen, der Zeichnung entsprechenden Abtheilungen bestehen, deren jede mit einer anders gefärbten Masse gefüllt wird. Hierauf wird die gepresste Masse aus der Form heraus in einen Umfassungsrahmen gestossen, und es werden die schmalen, die Massentheile trennenden Furchen durch Breitdrücken der Masse mittelst starker hydraulischer Presse ausgefüllt, so dass eine zusammenhängende Platte entsteht.

c) Verfahren von B. Harras in Böhlen.

Gewöhnliche Holzcellulose wird mit Wasser behandelt und, nachdem das letztere zum Abtropfen gebracht ist, mit Stärke oder einem kleberreichen Mehl (z. B. Weizenmehl) innig vermengt und hierauf gekocht. Es entsteht dadurch eine zähe und faserige Klebemasse. Dieselbe wird nun mit einer gleich grossen Menge Sägespäne vermischt, darauf in eiserne oder stählerne Formen oder solche aus Rothguss, die auf etwa 120° *C.* erwärmt sind, geschüttet, sodann mit einem Druck von etwa 700 *kg* für das Quadratcentimeter (also mittelst hydraulischer Presse) comprimirt, hierauf heiss aus der Form herausgenommen und endlich langsam abgekühlt. Auf diese Weise erhält man einen dem Holz ähnlichen, elastischen, mit der Zeit knochenhart werdenden Stoff, welcher sich wie Holz bearbeiten, auch färben, poliren, leimen u. s. w. und mit einem Fournier aus Naturholz überziehen lässt.

d) Anderes Verfahren.

Das Holzzeug wird mit Thon, Gyps, Leinsamenpulver, Blut u. s. w. vermischt, in warme Metallformen geschüttet, gepresst und langsam abgekühlt.

Aus solchem künstlichen Holz lassen sich einfache und gegliederte
eisten, Eckverzierungen, Schlüsselschilder, Reliefs, Capitäle, Köpfe, reich
namentirte Aufsätze, Spiegel- und Bilderrahmen, Uhrgehäuse, Nippsachen,
hmucksachen u. s. w. herstellen.

3. Holzfilzplatten, aus Holzschliff (auch gemengt mit Holzcellulose)
rgestellte Platten mit lockerem Gefüge, welche als Bierglasuntersätze und
ch als schlechte Wärmeleiter vielfach verwendet werden.

4. Holzpappe, entweder ganz aus (gewöhnlich braunem) Holzschliff
ler aus solchem und Holzcellulose hergestellt. Sie besitzt eine verhältniss-
ässig geringe Festigkeit; — u. s. w.

§ 150. Verschiedenes (Holzersatzstoffe).

Zur Herstellung von künstlichem Holz benutzt man neben dem
olzzeug hauptsächlich Sägespäne oder Sägemehl, das mit irgend einem
ndemittel versehen und in Formen gepresst wird. Von den vielen,
eistens durch Patent geschützten Verfahren mögen hier einige kurz be-
rochen werden, die sich gut bewährt haben sollen.

1. Terracottaholz von Gillmann (amerikanisches Patent).

1—3 Theile Sägespäne harzreicher Hölzer werden mit 1 Theil ge-
hlämmtem Caolin vermischt, die Mischung wird mit Wasser angerührt und
nn in Stahlcylinder geschüttet, hierauf mit Stahlstempeln zu Blöcken ge-
rnt, sodann in einem Trockenofen getrocknet und endlich in einem Brenn-
en bis zur Weissglühhitze gebrannt. Die Blöcke lassen sich wie Naturholz be-
beiten und besitzen vor demselben den Vorzug grösserer Widerstandsfähig-
it und ziemlicher Feuerbeständigkeit.

2. Künstliches Holz (Bois durci). Diese bildsame, widerstandsfähige
asse besteht aus fein pulverisirten Sägespänen harzreicher Holzarten und
nem Bindemittel aus Blutalbumin, Leimlösung oder anderen Klebestoffen.
e Mischung wird in angewärmte, zumeist gravirte Metallformen geschüttet
d in denselben mittelst starker hydraulischer Pressen comprimirt. Die ge-
rnten Gegenstände lassen sich wie Naturholz bearbeiten, sägen, schneiden,
hren, leimen, poliren, lackiren, vergolden, bronziren u. s. w., widerstehen gut
r Wärme, so dass man sie ohne Schaden auf heisse Eisenplatten legen
nn, und bilden bis zu einem gewissen Grade einen Ersatz für theure Holz-
hnitzereien. Man fertigt aus der Masse Reliefverzierungen aller Art,
rträtbildnisse, Luxusgegenstände, Möbel, Spiegel- und Bilderrahmen, Album-
ckel u. s. w. und bekleidet sie auch häufig mit einem Fournier aus Natur-
lz. Hervorragend sind die aus dieser Masse hergestellten Gegenstände
r Firma M. G. Junge in Berlin.

3. Holzcement oder Sciffarin.

Der Holzcement besteht aus einer Mischung von Sägespänen, Hanffasern,
ärkemehl, Gallerte und Mineralstoffen. Man benutzt diese Masse zur Her-
llung von Luxusgegenständen.

4. Kunstebenholzmasse von Gottschalk.

Feingesiebte Sägespäne harter Holzarten werden mit einer Beize aus
Theilen Blauholzextract, 10 Theilen Wasser und $^1/_4$ Theil Alaun 10 Stunden
g gekocht, dann in ein Bad aus 15 Theilen Wasser und 1 Theil Kupfer-
riol gelegt und in demselben 5 Stunden lang liegen gelassen, hierauf

getrocknet, mit Blutalbumin vermischt und endlich in erhitzten Metallformen mittelst Schlagpressen comprimirt.

5. Kletzinski'sche Holzpaste.

100 Gewichtstheile Sägemehl (am besten von weichen Holzarten) werden mit einer Auflösung von 100 Gewichtstheilen schwefelsaurer Thonerde und der nothwendigen Wassermenge tüchtig gekocht, nach dem Erkalten mit einer aus 50 Theilen Leim und 100 Theilen Wasser durch Sieden erhaltenen Lösung sorgfältigst gemischt, innig durchgeknetet, in Pressmatten gerollt und unter Anwendung eines möglichst starken Druckes gepresst. Die anfangs leicht zerbrechlichen gepressten Gegenstände erreichen an der Luft allmälig eine grosse Festigkeit. Sobald sie fest genug geworden sind, bestreicht man sie 3- bis 5mal mit einer fünfprocentigen Pottaschenauflösung (in Wasser) und trocknet sie alsdann. Um farbige Gegenstände zu erhalten, werden der schwefelsauren Thonerde beliebige Farbstoffe zugesetzt. Die Thonerde macht die Masse wasserdicht, während der Leim ihr grosse Bildsamkeit verleiht.

6. Parketttafeln von M. Hurtig in Berlin.

5—30 *l* feine Sägespäne beliebiger Holzarten werden mit 0·1—0·5 *l* concentrirter Lösung einer beliebig zusammengesetzten Fettseife getränkt, dann gut getrocknet, hierauf mit Kalkmilch (gelöschtem Kalk und Wasser) behandelt, nochmals getrocknet, sodann mit 3—8 *l* einer Mischung aus Caseïn und gebranntem, an der Luft zerfallenem Kalk vermengt und endlich an der Luft getrocknet. Diese Masse eignet sich zur Herstellung von Flachreliefs. Für Hochreliefs nimmt man 10—30 *l* der fertigen, beziehungsweise hydraulisirten Sägespäne und fügt denselben eine aus 15 bis 40 *l* zerstampften und zerriebenen, in der Schale gedämpften Kartoffeln, 1—5 *l* Infusorienerde und 0·5—2·5 *l* gemahlenem Burgunderharz bestehende Mischung hinzu. Man erhält dann einen biegsameren, leichteren und anfänglich nachgiebigeren Stoff, der selbst bei Verwendung stärker erhitzter Metallformen hell bleibt und daher mit Metallfarben sich beliebig färben lässt.

Das Sägespänepulver wird nun in heissen Formen mittelst Druckes einer hydraulischen Presse zu einem festen Körper vereinigt. Will man letzteren mit einem Fournier aus Naturholz bekleiden, so bestreicht man ihn mit einer heissen Mischung aus 2 Gewichtstheilen aufgequollenem Leim, 1 Gewichtstheil Leinölfirniss und 1 Gewichtstheil in Weingeist, dem 0·5 Gewichtstheil Terpentin zugesetzt ist, aufgelöstem Colophonium, die durch Zusammenschmelzen dieser Stoffe im Wasserbade erhalten wird. Dieser Anstrich erhärtet zu einer festen Kruste. Das Fournierblatt wird in ein Bad aus 2 Theilen concentrirter Schwefelsäure und 1 Theil Wasser gelegt, nach vollständiger Durchtränkung mit dieser Flüssigkeit mit reinem Wasser ausgewaschen, abgespült, getrocknet, dann auf den geformten und bestrichenen Körper aufgelegt und mit demselben in der früheren, nochmals erwärmten Form gepresst.

7. Kunstholz von M. E. Villeroy in Schramberg.

Feinfaserige Holzwolle wird mit einem Bindemittel vermischt, in entsprechend gestaltete Formen geschüttet, in denselben unter Anwendung hohen Druckes gepresst, getrocknet und nochmals gepresst, wobei man einen möglichst starken Druck ausübt. Hierdurch wird die Masse so fest, dass man sie abdrehen und beliebig bearbeiten kann; sie soll auch grosse Widerstandsfähigkeit gegen Hitze und Nässe besitzen und sich zur Herstellung von

Walzen, Verzierungen aller Art, Ornamenten, Nachahmungen von Holzschnitzereien gut eignen.

8. Holzmasse für plastische Verzierungen.

J. Höfer (Fabrikation künstlicher plastischer Massen, Wien 1887) und E. Hubbard (Verwerthung von Holzabfällen, Wien 1887) theilen folgende vier, zur Herstellung plastischer Verzierungen aus künstlichem Holz bewährte Verfahren mit:

a) Sägespäne weicher Hölzer werden mit Leimlösung und Wasserglas gekocht und denselben noch nachträglich so viele Sägespäne innig beigemengt, dass eine teigartige, geschmeidige Masse entsteht. Diese wird zwischen Eisenplatten gepresst, getrocknet, geschliffen und, wenn man sie zu Fussbodenbelägen u. s. w. verwenden will, gefärbt. Man erhält auf diese Weise beliebig grosse und dicke Platten von grosser Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Nässe.

b) 7 *kg* feingesiebte Sägespäne werden mit 1 *kg* gepulvertem Colophonium vermischt, die Masse wird auf eine mit Papier belegte Eisenplatte gelegt, welche mit einem der Dicke der anzufertigenden Tafel entsprechend hohen Rand versehen ist, dann mit Papier bedeckt, darüber eine heisse Platte gelegt und das Ganze mittelst hydraulischer Presse einem hohen Druck ausgesetzt.

c) Scharf getrocknete, gesiebte Sägespäne werden in kochend heisser Leimlösung aus 5 *kg* gutem, hellem Leim, 1 *kg* Hausenblase und Wasser mit oder ohne Zusatz von etwas Tragant oder Kreidepulver zu einer genügend consistenten Masse verarbeitet, dann in Metall-, Gyps-, Schwefel- u. s. w. Formen nach gehöriger Einölung derselben eingefüllt, mit einer grösseren Platte bedeckt und dadurch gepresst, dass man diese Platte noch beschwert. Die gepresste Masse ist langsam zu trocknen und dann gegen Werfen und Krummziehen gesichert, dagegen vermag sie Feuchtigkeit nicht zu ertragen. Um recht gute Platten zu erhalten, wird die gepresste Masse mit einem breiten und dünnen Messer nachgeschnitten und geebnet. Wegen des starken Zusammenziehens der Masse erhalten die Gegenstände keine scharfen Contouren; man kann sie aber lackiren, vergolden u. s. w. und überhaupt wie aus Holz geschnittene Verzierungen behandeln.

d) 10 Theile feine Sägespäne, 1 Theil Gyps, 10 Theile Leim (in Wasser geschmolzen), 4 Theile gemahlene Bleiglätte und 8 Theile Bleiweiss werden innig miteinander vermengt, dann wird diese Mischung in zweitheilige, eingeölte Formen geschüttet und nach dem Erkalten herausgenommen. Hierauf kann man sie mit Oelfarbe anstreichen oder vergolden, auch bronziren u. s. w. Man benutzt diese Masse hauptsächlich zur Herstellung von Bilder- und Spiegelrahmen.

Ueber die Herstellung von Holzersatzstoffen findet man ausser in den beiden oben genannten Büchern auch noch in dem Werke von Dr. Theod. Koller: »Künstliche Baumaterialien, ihre Herstellung und Verwendung« (Frankfurt a. M. 1894) weitere Recepte mitgetheilt.

Das Xylolith (Steinholz) ist im § 98 näher beschrieben worden.

E. Mittel gegen Schwinden, Quellen, Fäulniss, Wurmfrass, Schwamm und Entflammung.*)

§ 151. Mittel gegen Schwinden und Quellen.

Um das Arbeiten des Holzes auf ein möglichst geringes Maass zu beschränken, das Werfen und Reissen zu verhindern, hat man verschiedene Mittel in Vorschlag gebracht, durch welche entweder die Ursache des Schwindens und Quellens beseitigt oder die Wirkung dieser Ursache gewaltsam verhindert werden soll. Diese, bald mit grösserem, bald mit geringerem Erfolge angewendeten Mittel sind: eine zweckmässige Austrocknung des Holzes, ein äusserer Schutz gegen Feuchtigkeit, ein Entfernen der die Feuchtigkeit begünstigenden Stoffe und eine zweckmässige Bearbeitung, Verwendung, Verbindung, Theilung des Holzes unter Berücksichtigung der Längen- und Querrichtung, der Spiegelfasern, des Kernes und des Splintes.

1. Austrocknen. Der Feuchtigkeitsgrad des Holzes richtet sich nach dem der Luft, welche das Holz umgiebt. Wird daher das Holz vor seiner Verwendung soweit getrocknet, dass seine Feuchtigkeit dem der Luftfeuchtigkeit entspricht, so wird das Schwinden und Quellen sich innerhalb einer gewissen Grenze halten lassen. Das Austrocknen darf zur Vermeidung von Rissebildungen nicht zu rasch und nicht zu ungleichmässig erfolgen; es ist aber auch nicht zu langsam vorzunehmen, damit das Holz nicht stockig und schimmelig wird. Empfohlen wird, den Baumstamm vor dem Fällen im Frühjahre von den Aesten bis zu den Wurzeln ganz zu entrinden oder die Rinde von ihm nur theilweise, am besten in spiralförmigen Gängen, abzulösen und so den Baum bis zur Fällzeit (bis zum Winter) stehen zu lassen. Wirksamer ist eine Austrocknung des gefällten und ganz oder theilweise entrindeten Stammes an der Luft. Hierbei wird zur Verhütung von Kernrissen die Hirnseite mit Papier beklebt oder mit Oelfarbe, Theer, Firniss u. s. w. bestrichen. Da sich dünne Stücke weit schneller und gleichmässiger austrocknen lassen als dicke, so empfiehlt es sich, den gefällten Stamm in möglichst dünne, der späteren Verwendung des Holzes jedoch entsprechende Stücke zu theilen und dieselben, damit sie die Luft allseitig bestreichen kann, durch Unterlagen (Zwischenstücke) von einander zu trennen, sowie vor Berührung mit der Erde zu schützen, ferner über dem Stapel ein Schutzdach anzuordnen und den ganzen Stoss von Zeit zu Zeit und namentlich bei anhaltend feuchter Witterung umzusetzen, damit auch die früher versteckt gelegenen Holztheile dem Luftzuge ausgesetzt werden. Die Benutzung von besonderen Trockenschuppen, die nach Art der zum Trocknen von Thonwaaren dienenden construirt werden, wird nur in besonderen Fällen nothwendig sein.

Da das Austrocknen des Holzes an der Luft Monate, mitunter auch Jahre erfordert, so wird man, um Zeit und Zinsen zu ersparen, eine

*) Mit Benutzung von: Dingler's »Polytechnischem Journal«. — Buresch, »Schutz des Holzes gegen Fäulniss«, 2. Aufl., Dresden 1880. — Heinzerling, »Conservirung des Holzes«, Halle 1885. — Gottgetreu, »Baumaterialien«, Bd. I, S. 490 ff., 3. Aufl., Berlin 1880. — Lange, »Das Holz als Baumaterial«, S. 155 ff., Holzminden 1879. — O. Lueger, »Lexikon der gesammten Technik und ihrer Hilfswissenschaften«, Bd. V, S. 220 ff., Stuttgart 1897. — E. Hoyer, »Mechanische Technologie«, 2. Aufl., Bd. I, S. 42—46 und 475—478, Wiesbaden 1888, — u. s. w.

künstliche Austrocknung in geeigneten Apparaten vorziehen müssen. Kleinere Stücke kann man durch Umhüllung mit bis auf etwa 65° *C.* erwärmtem Sand oder auf einem Stubenofen oder in einem Küchenherd trocknen, bei grösseren benutzt man luftdicht verschliessbare Eisengefässe, welche mit einem Dampfmantel umgeben und allmälig bis auf 100° *C.* erhitzt werden, auch mit einer Luftpumpe (mit 50—75 *mm* Vacuum) ausgestattet werden, um die Wasserverdunstung zu beschleunigen. Auch eiserne Cylinder, in die man überhitzten Dampf eintreten lässt, werden zum künstlichen Austrocknen — zum Dörren des Holzes — benutzt. Von den vielen, für diesen Zweck empfohlenen Trockenapparaten mögen hier kurz erwähnt werden: die R. Napier'sche Trockenkammer, in welcher das Holz mit den Verbrennungsgasen unmittelbar in Berührung kommt, — der Schwitzkasten von A. Brommler in Memmingen, welcher einen gemauerten oder aus Thonröhren gebildeten, von der Feuerung durch den Trockenraum und zurück bis zum Schornstein geführten Heizcanal besitzt, — der Guibert'sche Trockenapparat, bei welchem erwärmte Luft über das Holz streicht, — der Zappert'sche Apparat, in dem das Holz mit auf 30° *C.* erwärmter Luft behandelt wird, welche ein Exhaustor durch den Trockenraum saugt, und weiter täglich dreimal 15—20 Minuten lang gedämpft wird, — der Apparat der Haskin Wood Vulcanising Company, ein schmiedeiserner Kessel, in welchem das Holz zunächst einem Druck von 10—14 Atmosphären ausgesetzt, dann mittelst Dampfschlangen auf 120 bis 200° *C.* erhitzt wird, wodurch seine Druckfestigkeit um 26·3%, seine Zugfestigkeit um 21% vergrössert und durch den Druck ein Reissen verhütet werden soll.

Um das nahe dem Boden der Trockenkammer liegende Holz vor Nässe durch niederschlagende Wasserdämpfe zu schützen, muss für den nöthigen Luftzug gesorgt werden; ferner ist eine regelbare Heizung einzurichten, damit das Austrocknen nicht zu schnell erfolgt und die Bildung von Rissen vermieden wird, und endlich darf dem Holz nicht alle Feuchtigkeit entzogen werden, weil es sonst leicht brüchig wird und seine Cohäsion verliert.

Einen Trockenofen, der zum Trocknen von Eisenbahnschwellen vor und nach dem Kreosotiren gute Dienste geleistet haben soll, zeigen die Figuren 276 und 277. (Siehe Gottgetreu, a. a. O., S. 492.) Der Apparat besteht aus einem überwölbten und mit eiserner Thür (*B*) abgeschlossenen, am besten 7·5 *m* langen und 2·6 *m* hohen, sowie 2·6 *m* breiten Raum (*A*), in welchen das auszutrocknende Holz auf niedrigen Wagen eingeschoben oder in welchem es in zweckmässiger Weise aufgestapelt wird. Dieser Raum ist von einem Mauerwerke (*C*) so umschlossen, dass zwischen beiden Mauerkörpern ein hohler Raum (*D*) verbleibt, durch welchen die Brenngase einer Feuerung (*E*) geleitet werden, um dann in den Schornstein (*F*) zu gelangen. Wird auf jede Langseite eine Feuerung angelegt, so kann man im Trockenraum *A* eine Temperatur bis etwa 120° *C.* erzeugen. Das Absaugen des entstehenden Wasserdampfes geschieht durch eine mittelst Schieber verstellbare Oeffnung (*G*) über dem Boden, die mit dem Schornstein in Verbindung steht. Eine Oeffnung in der eisernen Thür (*B*) dient zum Eintritt der kalten Luft in die Trockenkammer. Je nach der Grösse der Holzstücke und nach der Temperatur im Trockenraum schwankt die Zeit des Austrocknens zwischen einem halben Tag und drei Wochen.

Beim René'schen Austrocknungsverfahren wird das Holz der Einwirkung von (aus dem Sauerstoff mit Hilfe des elektrischen Stromes dargestelltem) Ozon längere Zeit ausgesetzt. Hierdurch soll die Resonanz des Holzes verbessert und letzteres namentlich zum Pianoforte-Bau geeignet gemacht werden. Für die Wirksamkeit dieses Verfahrens spricht die Thatsache, dass Holz, welches lange Zeit den Einflüssen der Luft ausgesetzt gewesen, viel besser einem plötzlichen Temperaturwechsel widersteht.

Gedörrtes Holz kann unmittelbar zu Tischlerarbeiten verwendet werden, die in trockenen Räumen zur Aufstellung gelangen; es muss auch vor seiner Verarbeitung an ganz trockenen Orten gelagert werden, damit nicht von neuem Feuchtigkeit in das Holz kommt. Soll das gedörrte Holz in feuchten Räumen aufbewahrt oder verwendet werden, so hat man es sofort nach dem Herausnehmen aus der Trockenkammer mit solchen Stoffen zu überziehen, welche die Feuchtigkeit vom Holze fernzuhalten und die durch das Austrocknen geöffneten Poren gut zu verschliessen vermögen. Man kann in einzelnen Fällen das Holz mit Blech (namentlich mit Bleiblech) oder mit Thon umhüllen, oder sich mit einfachen Isolirschichten aus Metallplatten, Cement, Asphalt u. s. w. begnügen, besser aber schützen das Holz gegen die Einflüsse der äusseren Feuchtigkeit Anstriche mit gut deckender und gut haftender Oelfarbe, der auch kalt aufgelöstes Wachs zugesetzt werden kann, mit Leinölfirniss, mit Steinkohlentheer, dem zweckmässig Colophonium beigemengt wird, mit Asphalt, mit Auflösungen von Harzen und harzähnlichen Stoffen in Benzin, mit Carbolineum u. s. w., ferner Tränkungen mit Talg, Wachs, Paraffin und in Oel gelösten Harzen, indem man die Hölzer in diese, bis auf 200° *C.* erhitzten Stoffe einlegt. Nicht zu empfehlen ist ein Anstrich mit Wasserglaslösung, weil die aufgelöste Kieselerde nach dem Austrocknen keinen zusammenhängenden Ueberzug bildet und daher die Feuchtigkeit leicht in die nicht bedeckten Theile der Holzoberfläche einzudringen vermag. Die Anstriche müssen, um dauernd einen lückenlosen Ueberzug auf dem Holze zu erhalten, von Zeit zu Zeit erneuert werden, was nach der Verwendung des Holzes nicht an allen Stellen möglich ist, daher bieten Anstriche keineswegs einen dauernden Schutz gegen Feuchtigkeit.

Duch das Dörren wird zwar die Dauerhaftigkeit des Holzes erhöht, aber es werden dadurch die festen Theile des Holzsaftes nicht beseitigt.

Diese Saftbestandtheile können bei Verwendung des Holzes im Trockenen oder bei genügendem Schutz desselben gegen Feuchtigkeitseinflüsse durch Anstriche und Tränkungen nicht oder erst nach Verlauf einer langen Zeit zersetzt werden. Da sie aber hygroskopische Eigenschaften besitzen, so empfiehlt es sich, in allen den Fällen, wo ein Zutritt der Feuchtigkeit zum Holze befürchtet werden muss, diese Saftbestandtheile ganz zu entfernen, um ein Quellen des Holzes zu verhüten.

Man hat zu diesem Zweck vorgeschlagen, das Holz in dünne Bretter zu zertheilen, dieselben glatt zu hobeln und dann einige Male durch Metallwalzen gehen zu lassen, welche allmälig etwas näher gestellt werden und dadurch auf das Holz einen allmälig wachsenden Druck ausüben, oder — nach der Methode von Barlow — in das Holz einseitig heisse oder kalte comprimirte Luft einzupumpen und durch dieselbe den Saft herauszu-

drängen, aber wirksamer ist eine Auslaugung mit kaltem oder warmem Wasser oder mit Dampf.

2. Auslaugen. Sehr einfach und billig ist die Auslaugung mit kaltem Wasser; der Baum wird hierbei unter Wasser, am besten stark fliessendem, versenkt, und zwar so, dass sein Wurzelende gegen den Strom liegt. Im Wasser bleibt das Holz je nach der Grösse seiner Poren und je nach der Menge seines Saftes 1—2 Jahre (Eichenholz 2 Jahre, andere harte Hölzer 1 Jahr, weiche Hölzer während des ganzen Sommers) liegen. Die Auslaugezeit richtet sich aber auch nach der Zeit, während welcher das Holz ohne Schaden unter Wasser gehalten werden kann. Nach dem Auslaugen wird das Holz an einem überdeckten, gegen Sonnenstrahlen geschützten, dem Luftzuge stark ausgesetzten Orte langsam ausgetrocknet und dann mitunter auch noch gedörrt. Ein geringes Auslaugen des Saftes findet schon beim Flössen statt, so dass zum Transporte des Holzes der Wasserweg stets der vortheilhafteste ist.

Beim Auslaugen mit kochendem Wasser, das nur bei kleinen Holzstücken angewendet werden kann, benutzt man meistens gewöhnliche, eingemauerte Kessel oder viereckige, aus Bohlen gezimmerte Kästen mit Deckel und erwärmt das Wasser am besten mittelst Dampf. Dieses Auskochen nimmt eine ziemlich lange Zeit in Anspruch, weil das heisse Wasser nur langsam in die Holzmasse eindringt; man rechnet je nach der Stärke der Holzstücke 6—12 Stunden.

Am vortheilhaftesten ist das Auslaugen mit Dampf, weil Wasserdampf am schnellsten und tiefsten in das Holz eindringt und auf die Saftbestandtheile sehr energisch auflösend wirkt, also die Auslaugung sehr vollkommen ausführt. Man benutzt hierzu einen dünnwandigen Dampfkessel, in welchem Dampf von nur 100° *C.* erzeugt werden muss, weil Dampf von höherer Temperatur die Holzfasser schwächt und verändert. Diesen Kessel verbindet man durch ein kupfernes Dampfrohr mit Regulirungshahn mit dem aus Holz oder aus Metall angefertigten Auslaugegefäss, dessen Grösse sich nach der Grösse der auszulaugenden Holzstücke richtet und nach Karmarsch ferner so bemessen wird, dass 40 m^3 Gefässinhalt auf 1 m^2 Feuerfläche des Dampfkessels entfallen. In dem Auslaugegefäss stapelt man das Holz mit kleinen Zwischenräumen und so auf, dass der Dampf möglichst allseitig an das Holz gelangen kann. Bei Verwendung von cylindrischen Auslaugekesseln werden die Hölzer zweckmässig auf einen Wagen gepackt, dessen Boden und Gestell der Kesselgestalt angepasst sind, und es wird dieser auf kleinen, im Kessel liegenden Schienen in den letzteren eingeschoben und darauf der Kessel mit einem Deckel verschlossen. Das Holz wird dadurch langsam erwärmt, dass man den Dampf allmälig in den Kessel eintreten lässt, so dass das Auslaugegefäss erst nach etwa 12—15 Stunden den vollen Dampf empfängt. Die Dampfeinwirkung auf das Holz wird so lange fortgesetzt, bis durch den Ablaufhahn ganz klares Wasser aus dem Auslaugegefäss abfliesst, was bei dicken Hölzern in der Regel 60—80 Stunden nach Beginn der Dampfzuleitung eintritt.

Nach dem Dämpfen wird das Holz entweder an der Luft oder besser in einer Trockenkammer vorsichtig ausgetrocknet. Das mit Dampf ausgelaugte Holz ist um 5—10% leichter als das ungedämpfte, besitzt einen helleren Klang, eine dunklere, gleichmässig durch die ganze Masse vertheilte

Färbung, eine grössere Festigkeit und leichtere Biegsamkeit, jedoch eine geringere Elasticität; es wirft sich nicht, hat ein geringes Wasseraufsaugevermögen und trocknet schneller als gewöhnliches Holz. Gedämpftes Holz kann beliebig gebogen werden und behält auch nach der Abkühlung und Austrocknung die gebogenene Form bei.

Die leeren Poren des gedämpften, beziehungsweise kalt oder warm ausgelaugten oder getrockneten Holzes müssen durch Anstriche geschlossen werden, um das Eindringen von Feuchtigkeit aus der Luft u. s. w. in das Holz zu verhüten. Man benutzt als Ueberzug erwärmten Talg und andere Fette, Harz- und Paraffinlösungen in Benzin, heissaufgetragenes Paraffin (namentlich zu Kellereigeräthen, Holzbottichen u. s. w.) oder wendet zwei Salzlösungen an, welche durch Wechselwirkung einen unlöslichen Niederschlag in den Holzporen bilden, z. B. Zinkvitriol und Seifenlösung, aus denen unlösliche Zinkseife entsteht, oder Kupfersulfat und Schwefelkalcium, die Schwefelkupfer und Gyps niederschlagen, oder Wasserglaslösung und eine Säure, die Kieselsäure abscheiden und das Holz versteinern u. s. w. Alle diese Anstriche aber vermögen die Luft nicht sicher abzuschliessen, weil sie auf der Oberfläche des Holzes nur eine ganz dünne Schicht bilden. Nicht viel wirksamer ist das sogenannte Sandeln, bei welchem das Holz mit dickem Leinölfirniss, fetter Oelfarbe, Holz- oder Steinkohlentheer bestrichen, dann mit scharfem Quarzsand beworfen, zum zweiten Male angestrichen, dann jedoch nicht gesandelt, hierauf zum dritten Male angestrichen und nochmals gesandelt wird.

3. Zweckmässige Verwendung (Bearbeitung und Verbindung) der Hölzer. Das Schwinden, Krummziehen, Werfen u. s. w. des Holzes lässt sich sehr einschränken, wenn man letzteres mit Rücksicht auf das Längen-, Radial- und Sehnenschwinden, auf das verschiedene Schwindungsvermögen von Kern- und Splintholz u. s. w. bearbeitet und verwendet. Man beachte hierbei Folgendes:

Das nach dem Spiegel geschnittene Holz schwindet weniger als das nach den Jahresringen zertheilte. Balken, welche auf der einen Seite mehr Kernholz, auf der anderen mehr Splintholz besitzen, krümmen sich mit dem Kern nach oben; man wird sie deshalb mit dieser Seite nach oben verlegen müssen, damit die Schwere des Holzes und die Belastung der Krümmung entgegen wirkt. Bei Verwendung des Holzes im ganzen Stamm wird man deshalb zu dem gleichen Zweck die Nordseite, auf welcher die Jahresringe enger stehen, nach oben zu legen haben. Alle senkrecht oder geneigt stehenden Verbandhölzer sind mit ihrem Kern nach der Druckrichtung zu legen und ganze Hölzer mit ihrer Südseite nach der Seite, von welcher der Druck kommt. Erhalten stehende Hölzer (z. B. Bollwerkpfähle) einen Seitendruck (z. B. durch hinterfüllte Erde), so müssen sie ihre Kernseite diesem Drucke entgegenstellen. Freistehenden Holzsäulen giebt man am besten einen kreisrunden oder vieleckigen (z. B. achteckigen) Querschnitt, weil dann das Splintholz auf allen Seiten gleichmässig vertheilt ist und nur geringe Krümmungen entstehen können. Zu Fussböden soll man möglichst schmale Bretter (sogenannte Riemen), zu Parkettböden möglichst kleine Tafeln verwenden, weil sich dann beim Schwinden nur kleine Fugen bilden können, die weniger auffallen und schaden. Grosse Tafeln sind zu verdoppeln und beide Theile so aufeinander zu legen, dass sich ihre Fasern rechtwinkelig kreuzen, oder

sie sind (z. B. bei Thüren, Tischen, Reissbrettern u. s. w.) mit schwalbenschwanzförmigen, aufgeschobenen oder eingesetzten Grat- und Hirnleisten zu versehen oder als Rahmwerk mit Füllungen und Nuthen zu construiren, wobei der Rahmen nur aus Langholz herzustellen ist. Wegen des verschiedenen Schwindens des Lang- und Querholzes soll man stets Hirnholz auf Hirnholz stossen.

Theilt man ein Holzstück durch Sägeschnitte in zwei oder mehrere Theile und leimt man diese Stücke wieder so zusammen, dass das Ganze dem ursprünglichen Stücke gleicht, so hat dieser aus mehreren Theilen zusammengesetzte Körper ein geringeres Schwindungs- und Quellungsvermögen als jener. Es ist daher stets zu empfehlen, einen Holzgegenstand aus möglichst vielen Theilen zusammenzusetzen und hierbei auf die Faserrichtung Rücksicht zu nehmen, also bei Langholzverbindungen dafür zu sorgen, dass sich bei den verschiedenen Holzlagen übereinander die Fasern kreuzen, weil sich dann die einzelnen Theile durch ihr verschiedenes Schwinden entgegenarbeiten, wobei ein Ausgleich (das heisst eine Aufhebung der Wirkungen) eintritt.

Auch durch die Befestigung von genügend starken eisernen Schienen, Platten u. s. w. an entsprechenden Stellen der Holzstücke lässt sich eine Formveränderung auf ein geringes Maass beschränken.

§ 152. Mittel gegen Fäulniss und Wurmfrass (Conservirungsmittel).

Um die fäulnissfähigen (eiweisshaltigen) Stoffe des Holzsaftes unschädlich zu machen und das Holz auch gegen die Angriffe von später hinzutretenden, die Fäulniss hervorrufenden oder begünstigenden Mikroorganismen, sowie gegen die Zerstörung durch Insecten zu schützen, behandelt man das Holz mit verschiedenen Metallsalzen (Eisenvitriol, holzessigsaurem Eisenoxydul, Zinkvitriol, Zinkchlorid, Kupfervitriol und Quecksilberchlorid), welche mit den Eiweissstoffen unlösliche Verbindungen bilden, die durch Nässe und Feuchtigkeit nicht beeinflusst werden, oder mit anderen antiseptisch wirkenden Stoffen (Kreosot, Paraffin, Naphtalin, Carbolsäure u. s. w.), die nicht an der Luft verdunsten, nicht im Wasser auswaschbar sein und nicht die Holzfasern angreifen dürfen. Mit diesen Flüssigkeiten wird das Holz entweder nur bestrichen oder besser getränkt, gekocht oder gedämpft, auch wird der Conservirungsstoff in das Holz hineingepresst. Das letztere Verfahren ist das beste, weil wirksamste; beim Anstreichen, Kochen und Tränken erhält man auf der Holzoberfläche nur einen dünnen Ueberzug, beziehungsweise einen schwachen, gegen Fäulniss geschützten Rand, weil die Flüssigkeit nur wenig tief in das Holz eindringt, wobei die Poren entweder unmittelbar durch die Flüssigkeit selbst oder dadurch geschlossen werden, dass der Holzsaft durch Berührung mit dem Conservirungsstoff gerinnt. Zum Dämpfen des Holzes kann man nur flüssige Stoffe, wie z. B. Theer und Kreosot, verwenden.

Da das Imprägniren verhältnissmässig theuer ist, so beschränkt man es hauptsächlich auf solche Hölzer, welche nach ihrer Verwendung den Einflüssen der Witterung, des Meereswassers u. s. w. ausgesetzt sind, also auf Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen, Hölzer für Strassenpflasterungen, für Grund- und Wasserbauten u. s. w. Zweckmässig werden die zu imprägnirenden Hölzer vorher ausgelaugt oder mit gespanntem Wasserdampf behandelt, weil sie dann die Imprägnirungsflüssigkeit leichter aufnehmen.

Man unterscheidet beim Imprägniren verschiedene Verfahren, welche man (nach den Erfindern) mit Kyanisiren, Paynisiren, Boucherisiren, Burnettiren und ferner mit Kreosotiren bezeichnet.

1. **Kyanisiren** (erfunden vom Engländer Kyan im Jahre 1832). Das lufttrockene Holz wird etwa 10 Tage lang in einer, in einem Holzgefäss sich befindenden Flüssigkeit aus 1 Theil Quecksilberchlorid und 150 Theilen Wasser liegen gelassen, dann herausgenommen und 2—3 Tage lang getrocknet. Dieses Verfahren ist wegen der Kostspieligkeit des Quecksilberchlorids sehr theuer und besitzt auch den weiteren Uebelstand, dass es auf Hölzer, die zum Bau von Wohnhäusern, Ställen u. s. w. benutzt werden sollen, wegen der grossen Giftigkeit des Sublimates nicht angewendet werden kann. Hauptsächlich wird es von den süddeutschen Eisenbahnen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Eisenbahnschwellen benutzt, die durch diese Behandlung eine Haltbarkeit von 18—20 Jahren bei Eichenholz und von 10—12 Jahren bei Kiefern- und Buchenholz erlangen.

2. **Paynisiren** (erfunden vom Engländer Payne im Jahre 1841). Das Holz wird zuerst in eine Eisenvitriollösung und dann in eine Kalklösung gelegt und hierdurch eine Ablagerung von Eisenoxyd in den Poren veranlasst. Dass Verfahren kann nur bei kleineren Stücken angewendet werden.

3. **Boucherisiren** (erfunden vom Franzosen Bouchérie im Jahre 1841). Der frischgefällte, nicht entrindete Baumstamm wird schräg aufgestellt und sein unteres Hirnende mit einer luftdicht schliessenden, aus verzinntem Eisenblech bestehenden Kappe bedeckt, welche mit einem Kupferrohr oder Gummischlauch mit einem 10—12 *m* höher stehenden Bottich verbunden wird, in dem sich eine zehnprocentige Kupfervitriollösung befindet. Diese Flüssigkeit tritt demgemäss unter einem Druck von etwa einer Atmosphäre in die Hirnfläche ein und schiebt den Holzsaft so lange vor sich her, bis sie selbst am anderen Hirnende heraustritt. Das Verfahren gilt als beendet, wenn die heraustretende Flüssigkeit dieselbe Concentration wie die eintretende zeigt; dies ist beim Eichenholz in Schwellenlänge in etwa 100 und beim Buchenholz in etwa 48 Stunden der Fall. Um das Eindringen der Kupferlösung zu unterstützen, hat Pfister die Verwendung einer Druckpumpe vorgeschlagen. Das Boucherisiren wird auch mittelst Kupfersulfat, Kupferchlorid und anderer Kupfersalze vorgenommen, doch besitzen alle Kupferlösungen nicht dieselbe Wirksamkeit als das beim Kyanisiren verwendete Sublimat. Auf Eichenholz ist das Boucherisiren kaum anwendbar, weil nur der Splint vollkommen imprägnirt wird, der Kern aber den grössten Theil seines Saftes behält; jedenfalls darf man derartig getränktes Eichenholz später nicht seines Splintholzes berauben, weil dann das nicht geschützte Kernholz blosgelegt werden würde. Aber auch andere Holzarten werden nur selten gleichmässig von der Kupferlösung durchdrungen.

Durch das Boucherisiren erhalten Eisenbahnschwellen aus Kiefernholz eine Dauer von etwa 14 Jahren, solche aus Buchenholz von etwa 10 Jahren, und es nimmt Eichenholz um etwa 25 *kg*, Kiefernholz um etwa 57 *kg*, Buchenholz um etwa 95 *kg* für das Cubikmeter an Gewicht zu.

4. **Burnettiren** (Burnettisiren; erfunden von Burnett im Jahre 1840). Als Imprägnirungsflüssigkeit dient eine Mischung von 1 Theil Zinkchlorid und 59 Theilen Wasser. Diese Flüssigkeit besitzt geringere antiseptische Eigenschaften als Sublimat und Kupfersalze, gehört aber zu den billigsten Impräg-

nirungsstoffen und wird deshalb vielfach, namentlich aber von den preussischen Staatseisenbahnen, zum Conserviren von Schwellen u. s. w. benutzt.

A. Schmidt, Eisenbahndirector in Strassburg i. E., hält das Zinkchlorid für ein besseres Conservirungsmittel als Quecksilbersublimat und Kupfervitriol. Nach seiner Ansicht besitzt Zinkchlorid nicht die Nachtheile der letzteren, sowie anderer Metallsalze, sofern die Lösungen frei sind von schädigenden Verunreinigungen, z. B. von freier Salzsäure und von grösseren Mengen Eisensalz, welche Holz zum Zerfall bringen. Wird Holz durch aufsteigendes Grundwasser oder durch Ueberschwemmungen oder durch Niederschläge ausgelaugt, so schützt eine Tränkung mit Zinkchlorid nur wenig, weil Chlorzink leicht löslich ist und im Holze nicht chemisch gebunden wird; bei Nässe wird daher ein Theil der Zinksalze an die Holzoberfläche geführt und dann vom Regen fortgespült.

Nach dreijährigem Liegen besitzen nach Schmidt Eichenholzschwellen nur noch 3—5% (seltener bis 10%) ihres ursprünglichen Zinkchloridgehaltes, Buchen und Kiefernholzschwellen durchschnittlich 15%. Während beim Tränken mit Zinkchlorid das Buchenholz von der Conservirungsflüssigkeit vollständig durchzogen wird, dringt letztere beim Eichen- und Kiefernholz nur etwa 2 *cm* tief in die Oberfläche ein. Gegen Auslaugen ist Kiefernholz seines Harzgehaltes wegen mehr geschützt, weil Harz wasserabweisend ist. (Siehe: »Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens u. s. w.«, 1897, Heft 4—6, sowie »Gesundheits-Ingenieur« vom 30. September 1897.)

Beim Burnettiren wird meistens folgendes Verfahren angewendet: Die Hölzer werden der beabsichtigten Verwendung gemäss zugeschnitten, dann auf kleine, auf Schienen laufende Wagen gepackt und mit diesen in einen horizontalen starkwandigen Cylinderkessel geschafft, welcher mit einer Luftpumpe und einer Druckpumpe ausgestattet und mit einem Dampfkessel, sowie mit dem die Imprägnirungsflüssigkeit enthaltenden Gefäss verbunden ist. Die Hölzer werden zunächst in diesem Kessel mit Dampf von 3—4 Atmosphären Druck ausgelaugt, wobei der Kessel zeitweise geöffnet wird, um die Luft zum Entweichen und den ausgeflossenen Saft zum Abfluss zu bringen. Hierauf wird die Luftpumpe in Thätigkeit gesetzt und mit derselben eine möglichst weitgehende Luftverdünnung erzeugt, um aus den Hölzern den Rest des Wassers und Holzsaftes abzusaugen. Sodann wird die auf 50—65° *C.* erwärmte Imprägnirungsflüssigkeit in den Kessel gelassen, die Luftpumpe ausser Thätigkeit gesetzt und mittelst der Druckpumpe auf die Dauer von 1—3 Stunden ein Druck von 7—8 Atmosphären ausgeübt, durch welchen die Zinkchloridlösung in die Hölzer eingepresst wird. Die imprägnirten Hölzer werden vor ihrer Verwendung 6—12 Wochen lang gelagert, um sie gehörig auszutrocknen. Eine vollständige Austrocknung tritt bei den von Zinkchlorid durchdrungenen Hölzern niemals ein, so dass letztere stets etwas geschmeidig bleiben. Ferner haben derartig imprägnirte Hölzer die gute Eigenschaft, dass auf ihnen ein Oelfarbenanstrich gut haftet, während die mit anderen Salzen getränkten Hölzer denselben abwerfen; man kann daher auch Thür- und Fensterhölzer, die leicht faulen, durch Zinkchlorid conserviren.

Beim Burnettiren nimmt das Gewicht der Eichenholzschwellen um 5—10%, das der Kiefern- und Buchenholzschwellen um 30—45% zu, und es beträgt die Dauer beim Eichenholz 19—20, beim Kiefernholz 14—16,

beim Buchenholz 15—18 Jahre, d. h. etwa doppelt so viel als bei nicht imprägnirten Hölzern.

Statt des Zinkchlorid hat man auch schwefelsaures oder holzessigsaures Zink verwendet, die beide sehr fäulnisswidrige Eigenschaften besitzen.

5. **Kreosotiren** (nach dem Erfinder Bethell auch Bethelliren genannt). In Frankreich, England und Russland bevorzugt man eine Tränkung der Hölzer mit dem bei der Destillation von Holz sich ergebenden Theer, welcher eine grosse Menge antiseptischer Stoffe, z. B. Kreosot, enthält, oder mit den bei der Destillation von Torf, Braunkohle und Steinkohle gewonnenen Stoffen: Carbolsäure, welche auf gelöste Eiweissstoffe gerinnend einwirkt und dadurch in hohem Grade fäulnisswidrig wirkt, Paraffin, Naphtalin u. s. w. Diese Theeröle sollen ein specifisches Gewicht von 1·045—1·055 besitzen, bei einer Temperatur von $+ 4^0$ *C.* kein Naphtalin absetzen und 5% Phenol enthalten und es sollen bei der Destillation bis 333^0 90 bis 100 Theile übergehen; dies verlangen wenigstens einige englische Gesellschaften. Statt der Theeröle werden auch in neuerer Zeit Theerdämpfe benutzt, namentlich die Nebenerzeugnisse der Petroleumraffinerie u. s. w., welche man in dampfförmigem Aggregatzustande oder mechanisch vom Dampf mitgerissen verwendet. Hölzer, welche auf oder in feuchtem Boden oder unter Wasser verwendet werden sollen, imprägnirt man zweckmässig mit Paraffin oder Naphtalin; nicht geeignet hierzu ist das Phenol (Carbolsäure), weil dasselbe im Wasser löslich ist.

Die aus dem Holztheer gewonnenen kreosothaltigen Oele, sowie die aus dem Steinkohlentheer beim Ueberdestilliren (bei Wärmegraden unter 200^0 *C.*) übergehenden Oele bilden nach A. Schmidt (siehe oben) einen sehr guten Schutz gegen Hutpilze, sind aber nur kurze Zeit wirksam, weil sie sehr flüchtig sind und weil im Holze chemische Vorgänge durch sie nicht zurückgehalten werden. Die in England zum Conserviren von Eisenbahnschwellen hauptsächlich verwendeten schweren Oele, welche durch Ueberdestilliren des Steinkohlentheers bei Wärmegraden von $250—400^0$ *C.* gewonnen werden, sind nach Schmidt wegen ihres Gehaltes an Carbolölen (Theersäuren, Phenol, Kresol und deren Homologe) sehr wirksam gegen Pilzwucherung; sie verharzen in den Holzporen in wenigen Tagen so stark, dass ihre Säuren weder ausgelaugt noch verflüchtigt werden können, und gewähren daher einen dauernden Schutz. Es sollen diese Oele jedoch nur so viel Naphtalin enthalten, dass bei 15^0 *C.* noch kein Auskrystallisiren stattfindet; anderenfalls bewirken die Krystalle eine Verstopfung der Holzporen, wodurch das Eindringen der Imprägnirungsflüssigkeit in eine genügende Tiefe verhindert wird.

Die Kreosotirung wird in derselben Weise ausgeführt wie das Burnettiren, nur mit dem Unterschiede, dass statt des Dämpfens ein Dörren des Holzes nothwendig wird, weil die Theeröle sich nicht mit dem nassen Zellsafte vermischen lassen. In dem mit Holz gefüllten Kessel wird nach dem Dörren wiederum mittelst der Luftpumpe ein bedeutendes Vacuum erzeugt, dann das auf $30—40^0$ *C.* erwärmte Theeröl eingelassen und schliesslich mittelst Druckpumpe eine Pressung von 7—8 Atmosphären ausgeübt. Auch kann man das Holz, nachdem es in einer Trockenkammer gedörrt worden, sofort in heisses Kreosot u. s. w. eintauchen oder mit Carbolsäure sorgfältig be-

streichen, oder es mit dieser Flüssigkeit in einem Behälter begiessen, dann bis auf 100° *C.* erwärmen, hierauf langsam abkühlen und endlich noch mit verdünnter Eisenvitriollösung bestreichen. Ferner hat man das Bethelliren dadurch zu verbessern gesucht, dass man als Imprägnirungsflüssigkeit eine Mischung von Chlorzinklauge mit carbolsäurehaltigem Theeröl verwendete. Nach dem Blythe'schen und de Paradis'schen Verfahren lässt man auf das Holz ein Gemenge von überhitztem Wasserdampf und Theeröldämpfen 6—20 Stunden lang einwirken, bei dem Rütger'schen wird das Burnettiren mit dem Kreosotiren vereinigt, indem der Zinkchloridlösung mässige Mengen schweren Theeröles sorgfältig beigemischt werden. Nach A. Schmidt wird durch diese Mischung bei richtig gewähltem Gehalt der Imprägnirungsflüssigkeit an Theeröl eine Verstopfung der äusseren Poren des Holzes herbeigeführt und dadurch letzteres wasserabweisend gemacht, d. h. vor dem Auslaugen geschützt; ausserdem wird die Wirksamkeit der Zinksalze durch die sich im Chlorzinkwasser lösenden Theersäuren wesentlich erhöht.

Endlich hat man auch als Conservirungsmittel: Kochsalz, Kochsalzmutterlauge, Harzöle, Harzkreosotseife, Carbolineum (roh oder gechlort), Chloraluminium, Antinonnin (Dinitro-o-Kresol, siehe § 153), Arsen- und Eisenverbindungen u. s. w. vorgeschlagen.

Durch das Kreosotiren, welches den Nachtheil leichter Verbrennlichkeit und unangenehmen Geruches, auch ziemlicher Kostspieligkeit besitzt, wird das Holz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und Nässe im Allgemeinen in hohem Maasse geschützt; man rechnet beim Kiefernholz auf eine Dauer von etwa 15—20 Jahren, beim Buchenholz auf eine solche von 25—30 Jahren und beim Eichenholz auf eine solche von 20—25 Jahren, wenn die Schwellen im Geleise liegen und zu ihrer Tränkung schwere Theeröle Verwendung gefunden haben. Nach dieser Zeit gehen Eisenbahnschwellen weniger durch Fäulniss, als durch die mechanische Beanspruchung zu Grunde. Für Hölzer, die im Hafenbau Verwendung finden sollen, ist die Kreotisirung sehr zu empfehlen, weil die Seethiere an derartig imprägnirte Hölzer nicht gehen. Wegen des hohen Preises empfiehlt A. Schmidt, nur Eichenhölzer mit schweren Theerölen zu imprägniren, dagegen alles geschützt liegende Holzwerk mit Zinkchlorid-Lösungen zu behandeln.

Beim Imprägniren hat man es in der Hand, verschiedene Grade von Trocknung und Durchtränkung zu erzielen. Hölzer, welche in feuchter Erde, auf feuchtem Boden, im Wasser Verwendung finden sollen, müssen stark durchtränkt werden, brauchen aber nicht vollkommen trocken zu sein, während Hölzer, aus denen Bautischlerarbeiten gefertigt werden sollen, nur schwach durchtränkt zu sein brauchen, jedoch knochentrocken sein müssen, weil sie in Gebäuden weniger der Fäulniss ausgesetzt und mehr gegen Schwinden und Werfen zu schützen sind.

Pfähle, Telegraphenstangen u. s. w., deren Enden in die Erde einzusetzen sind und dort mit Feuchtigkeit in Berührung kommen, werden an diesem Ende etwa 2 *mm* dick, entweder durch einfaches Anbrennen oder bequemer und besser unter Benutzung eines Gebläses und eigenen Apparates (z. B. des Apparates von de Lapparent), angekohlt,*) weil fäulnissfähige

*) Karbonisirungsapparate findet man u. A. in Dingler's »Polyt. Journal«, 169, S. 237, und 181, S. 42 und 456, beschrieben.

Stoffe und fäulnisserregende Organismen durch eine starke Erhitzung zerstört werden, die Kohle bis zu einem gewissen Grade die von aussen eindringenden faulen Stoffe verdichtet, durch das Verkohlen ein Trocknen des Holzes erzielt wird und beim Verkohlen sich kreosothaltige Dämpfe bilden, die in das Holz aufsteigen. Da die Kohle aber sehr porös ist und deshalb bald Feuchtigkeit und Nässe in das Holz eindringt, da ferner beim Verkohlen Risse und Spaltungen im Holze erzeugt werden und die Festigkeit vermindert wird, so kann man das Karbonisiren nur als ein schwaches Conservirungsmittel ansehen.

Um die angekohlten Stellen unporöser zu machen, werden dieselben auch häufig mit heissem Holz- oder Steinkohlentheer satt bestrichen. Stehen die Pfähle in einem lockeren Boden, so kann man sie auch gegen Feuchtigkeit durch eine feste Umdämmung mit Thon schützen. Ferner kann man die dem Witterungswechsel am meisten ausgesetzte Stelle (unmittelbar über und unter der Erde) mit einem Blechmantel umgeben.

Noch erwähnt werden mag, dass man zur Conservirung der Hölzer auch einen vollständigen Gerbeprocess vorgeschlagen hat.

Einen Schutz gegen Fäulniss und Stocken bietet schliesslich eine zweckmässige Aufbewahrung der Hölzer, die so zu erfolgen hat, dass jedes Holzstück möglichst allseitig dem Luftzug ausgesetzt und durch Bedachungen (oder in gedeckten Schuppen) gegen Regen und Sonnenstrahlen geschützt ist. Man wird also, wie schon bei dem Austrocknen der Hölzer erwähnt wurde, die einzelnen Holzstücke (Bretter, Bohlen, Balken) auf einer trockenen Unterlage so aufzustapeln haben, dass sie nicht mit ihren Flächen aufeinander liegen, sondern vielmehr durch Zwischenstücke von einander getrennt sind, und wird den ganzen Stoss — namentlich bei anhaltend feuchter Witterung — wiederholt umsetzen müssen, damit die vorher dem Luftzuge weniger ausgesetzten Holztheile eine freie Lage erhalten.

§ 153. Mittel gegen Hausschwamm.*)

Der gefährlichste Feind des Holzes ist der Hausschwamm (Holz-, Thränen- oder Aderschwamm, *Merulius lacrimans Schum.*), ein nicht giftiger, zur Familie der Polyporeï gehöriger Pilz. Bei seiner Entstehung zeigen sich am Holze kleine, weisse Flecken, die sich nach und nach vergrössern und ein silber-, schimmel-, spinngewebeartiges Netz (*Mycelium*) bilden, welches das Holz überzieht, in dasselbe eindringt und seine Oberfläche feucht hält. Dieses nach Champignon oder Morcheln riechende Gespinnst verwandelt sich allmälig in ein aschgraues, seidenartig glänzendes, saftiges Fasergeflecht, das viele, mit anfangs wasserhellem, später milchigem, schlecht schmeckendem, beizendem Saft angefüllte Poren besitzt. Der aus diesem Geflecht in Tropfen (Thränen) auf und in das Holz gelangende Saft bereitet eine schnelle Verbreitung des Schwammes vor. Von der Seitenkante des Geflechtes gehen mit blossem Auge unsichtbare Fäden aus, welche die Ritzen und Fugen des Mauerwerkes und die Zwischendeckenfüllungen der Wohnhäuser zu durchdringen vermögen und den Schwamm von einem Gebäudetheil auf den anderen übertragen.

*) Quellen: R. Hartig, »Der echte Hausschwamm«, Berlin 1885. — E. Dietrich, »Die Hausschwammfrage vom bautechnischen Standpunkte«, Berlin 1895. — Krauth und Meyer, »Die Bau- und Kunstzimmerei«, Leipzig 1893, — u. A.

An feuchten und dunklen Orten (z. B. unter Fussböden) entsteht aus dem Fasergeflecht ein nur etwa 4 *mm* dicker, häutiger, blattnarbiger Stoff, welcher nach vollständigem Aussaugen der von ihm überzogenen organischen Stoffe zu einer schmierigen Masse zusammentrocknet. Auf Brettern, die auf der Erde liegen, bildet der Schwamm lappenartig sich ausbreitende, 2—2·5 *cm* dicke, bandartige Streifen mit vielen Pilzfäden. Tritt der Schwamm durch irgend einen Riss, eine Spalte oder Fuge ins Freie, so entwickelt sich unter dem Einfluss des Lichtes ein schwammig-fleischiger, sich weit ausbreitender, hautähnlicher, brauner, violettbräunlicher oder gelber, am Rande und unterseits filzig aussehender Fruchtkörper, dessen Fruchtschicht auf wurmförmig gekrümmten Falten von röthlicher oder rostbrauner Farbe sitzt. Im Flächenmittelpunkt entstehen keulenförmige Sporenträger (Basidien), auf deren Spitze sich gewöhnlich vier rostbraune, ungleichseitig-eiförmige, 0·01 *mm* lange Sporen entwickeln, welche nach erfolgter Reife mit ziemlicher Kraft als Pulver umhergestreut werden und zu keimen vermögen, wenn sie auf feuchtes, alkalisch reagirendes Holz gelangen. Nach der Sporenbildung stirbt der Fruchtkörper ab und verfault meistens unter reichlicher Schimmelbildung, wobei er Gase erzeugt, die einen betäubenden, ekelhaften Modergeruch verbreiten. Dass diese Ausdünstung des Hausschwammes gesundheitsschädlich ist, wird in neuester Zeit von ärztlicher Seite bestritten.

Häufig wird von Laien der Hausschwamm mit anderen, in Gebäuden oft massenhaft auftretenden Pilzen (z. B. Schleim- und Schimmelpilzen) verwechselt, die aber wesentlich andere Eigenschaften besitzen und weit weniger gefährlich sind. Es erscheint deshalb geboten, hier einige Erkennungszeichen des echten Hausschwammes anzuführen:

1. bei unangestrichenem Holze: kleine, schwarze, hier und da verstreute Punkte mit schimmelartigem Anflug.

2. bei mit Leimfarbe bestrichenem Holze: pelzartiges Vorstehen einzelner Farbetheilchen, welche gewöhnlich gegen die anderen etwas gelblich gefärbt erscheinen.

3. bei mit Oelfarbe, Theer oder Firniss angestrichenem Holze: nur bei vorgeschrittener Schwammwucherung, weil die Mycelium-Fäden durch diese Anstriche niemals durchdringen, am dumpfen Klang beim Anschlagen mit dem Fingerknöchel oder einem Schlüssel und an dem Nachgeben oder kurzem Einbiegen beim Aufdrücken oder Auftreten.

4. bei geputzten Holzflächen: wie bei 3.

5. bei Dielen: gewölbte Oberfläche, leichtes Ausziehen der Nägel aus den bereits vom Schwamm ergriffenen Lagern, aussergewöhnliches Schwinden, grosse, offene Fugen.

6. allgemein: übler, modriger, faulig-pfeffriger Geruch in geschlossenen Räumen.

Der Hausschwamm entwickelt sich nicht von selbst, sondern nur durch Uebertragung von Schwammsporen oder Schwammtheilen. Der Ansicht von Poleck u. A., dass sich die Sporen nur auf dem im Frühjahre gefällten Holz entwickeln, weil dieses die beiden Hauptnahrungsstoffe des Schwammes, Kalium und Phosphorsäure, in grösserer Menge enthält als das im Winter geschlagene Holz, tritt R. Hartig entgegen, indem er behauptet, dass der Schwamm das im Winter und Frühjahr gefällte Holz in gleichem Maasse heimsucht und zerstört, wenn das Holz nur genügend feucht und reich an

alkalischen Stoffen ist. Die bisher allgemeine Annahme, dass der Hausschwamm niemals am lebenden Baume vorkomme, sondern nur von todtem Holz auf todtes verschleppt werde (durch Bauschutt u. s. w.), ist auch eine irrige, denn Hennings fand vor einigen Jahren den Schwamm an einer lebenden Kiefer im Grunewalde bei Berlin, so dass die Befürchtung, das Mycelium gelange schon aus dem Walde in die Bauten, nahe liegt.

Als Lebenselemente des Holzschwammes gelten: Wärme und geschlossene, feuchte Luft. Bei Temperaturen unter — 5° und über + 50° *C.* stirbt der Pilz ab, und auf trockenem Holz in trockener, offener Lage vermag er sich nicht zu entwickeln. Der Hausschwamm befällt nach Dietrich hauptsächlich die Balkenenden, weil dieselben aus dem Mauerwerke Feuchtigkeit erhalten, und die Ortbalken, wenn sie dicht an der Mauer liegen, ferner die Kellerbalkenlage bei unvollkommener Lüftung der unter ihr liegenden Kellerräume, sodann das Holzwerk in der Nähe der Oefen, wenn der Töpfer beim Ofensetzen Holz und Füllstoff stark angenässt hat, auch unterwölbte Treppenpodeste und eingemauerte Treppenwangen, ferner die Dielen vor den Ausgussbecken der Küchen, unter Eisschränken, in Badezimmern, in Bildhauerwerkstätten (hervorgerufen durch den nassen Thon und durch das Bespritzen der Thonmodelle), die Balkenlage über Waschküchen und Pferdeställen u. s. w. Häufig wurde die Entwickelung des Schwammes herbeigeführt durch zu frühes Belegen der Fussböden mit Linoleum, durch Bedecken derselben mit Blechen, durch eine Abdeckung der Balken mit Fliesen und Gypsestrichen, durch Leitungen von Bierkühlapparaten, welche durch die Balkenlage geführt wurden und die an den kalten Röhren sich niederschlagende Feuchtigkeit der Luft dem Holzwerke zuführten, u. s. w. Die Schwammbildung wird begünstigt durch vorhandene Alkalien, Ammoniak, durch Dunkelheit, durch zu frühes Beziehen des Hauses und starkes Heizen nasser Wohnungen u. s. w., und sie ist stets zu befürchten bei Verwendung nassen Holzes.

Der Hausschwamm entzieht dem Holze die in demselben noch vor-

2. Lagerung der Balken und Lagerhölzer auf Steinunterlagen und Vermeidung von dunklen, dem Luftzuge nicht zugänglichen Stellen überall da, wo die Feuchtigkeit nicht ferngehalten werden kann.

3. Ersatz des Holzes durch Eisen an denjenigen Stellen, wo die Bedingungen der Schwammbildung vorhanden sind und nicht beseitigt werden können.

4. Verhütung einer Verschleppung der Schwammsporen durch Bauschutt, altes Bauholz, Werkzeuge, Kleider u. s. w., oder durch Zusammenlagern gesunden Holzes mit vom Schwamm ergriffenen.

5. Vermeidung hölzerner Thürgerüste in dumpfen und feuchten Räumen (z. B. in Kellern).

6. Ausschluss von verdächtigem Füllstoff für die Zwischendecken (Steinkohlenlösche, Asche, Humuserde, Sägespäne, Pflanzenreste u. s. w.) und Verwendung von reinem, gewaschenem, erhitztem Sand oder frischen Schlacken, Kieselguhr u. s. w.

7. Verhütung der Verunreinigung der Baustoffe durch die Arbeiter während des Baues, weil Urin und Excremente Alkalien oder Ammoniak in den Neubau bringen.

8. Möglichste Vermeidung geschlossener, feuchter Luft durch Anordnung einer Lüftungsvorrichtung u. s. w., namentlich aber Herstellung eines kräftigen Luftumlaufes unter den Fussböden durch Verbindung des freien Luftraumes zwischen den Lagerhölzern oder Balken mit der äusseren oder inneren Luft und wenn möglich auch mit dem Heizkörper (Circulations- und Ventilations-Ofen u. s. w.).

9. Verhütung der Durchnässung der Fussböden durch Waschen und Baden in den Zimmern.

10. Vermeidung zu frühen Anstreichens des Holzwerkes mit luftdichter Farbe (Oelfarbe), weil durch solchen Anstrich das Austrocknen des Holzes verzögert wird.

11. Gutes Austrocknen des ganzen Baues, Ueberwintern des Neubaues bei offenen oder nur theilweise geschlossenen Fenstern, Schutz des Mauerwerkes gegen Bodenfeuchtigkeit durch Isolirung mit Asphalt, Bleiplatten, gutem Cement u. s. w.

Als Mittel zur Beseitigung des Hausschwammes werden empfohlen:

1. Sofortige sorgfältigste Beseitigung allen vom Schwamm ergriffenen Holzwerkes, Entfernung auch des anscheinend gesunden Holzes bis auf etwa 1 *m* vom verpilzten Holze und Vernichtung dieser Hölzer durch Feuer.

2. Beseitigung des ganzen Füllstoffes und des Mauerbewurfes, Auskratzen der Fugen, Trocknen aller frei liegenden Mauerflächen, Abwaschen des Mauerwerkes mit Kreosotöl oder verdünnter Salzsäure, Verputzen mit Cement u. s. w.

3. Verwendung von vollständig trockenem Holze zur Erneuerung und Anstrich, beziehungsweise Tränken desselben mit geeigneten Flüssigkeiten vor der Verbindung, damit alle Holzflächen, namentlich die Hirnholzflächen, gehörig getränkt werden können.

Als Imprägnirungsflüssigkeiten dienen:

a) Quecksilberchlorid mit 100 Gewichtstheilen Kalkwasser (giftig und daher nur in unbewohnten Räumen anwendbar).

b) Chlorzink (vergl. § 152, 4).

c) Kreosotöl, Petroleum, Cassiaöl. Diese Flüssigkeiten wirken nicht nachhaltig genug.

d) Steinkohlentheer und heisse Kochsalzlösung, beide nur auf kurze Zeit wirksam. — Heringslake.

e) Antinonnin von F. Bayer & Comp. in Elberfeld. Dieses Mittel stellt das Kaliumsalz des Dinitro-Orthokresols, eines antiseptisch wirkenden Bestandtheiles des Steinkohlentheeröles, dar und wird in Form einer orangegelben, in Wasser löslichen Paste verkauft. Schon in schwacher Dosis tödtet es Insekten und Bakterien. Es besitzt einen sehr bitteren Geschmack und färbt das Holzwerk u. s. w. intensiv gelb; es lässt sich bequem verwenden und ist nicht theuer (1 *kg* kostet zur Zeit etwa 5 Mark). Beim Gebrauch wird das Antinonnin mit Wasser sehr stark verdünnt, so dass letzteres nur 0·2—5 % Antinonnin enthält, und mit dieser Flüssigkeit das Holz auf das Sorgfältigste getränkt. (Vergl. Lueger, »Lexikon der gesammten Technik«, Band I.)

f) Zerener's Antimerulion (aus Infusorienerde, Kochsalz und Borsäure, wenn trocken, oder aus Wasserglas mit Zusatz von 3% Borsäure und 6% Kochsalz, wenn flüssig, bestehend).

g) Mykothanaton von Vilani & Comp. (aus mit Schwefelsäure versetzter Kochsalzlösung, die durch Lackmus roth gefärbt ist; 1 *l* Mykothanaton soll 187 *g* Schwefelsäure und 250 *g* Kochsalz enthalten).

h) Carbolineum Avenarius, hauptsächlich aus den im Steinkohlentheer enthaltenen Stoffen bestehend, die bei der Darstellung des Anthracens gewonnen werden. Das Carbolineum wird bei harten Hölzern und bei warmer Witterung kalt, sonst erhitzt aufgetragen; es färbt das Holz nussbraun und verbreitet einen üblen Geruch. Nachbildungen dieses Stoffes bestehen namentlich aus Kreosotöl.

i) das Kastner'sche Mittel. 200 *l* Torfasche, 20 *l* Kochsalz, 0·5 *kg* Salmiak werden mit kochendem Wasser bis zur Sättigung vermischt und zu einem Brei angerührt.

k) Mischung von 6 *kg* Kupfervitriol, 0·5 *kg* Salzsäure und 0·5 *kg* Schwefelsäure, — u. s. w.

4. Einrichtung einer guten Lüftung.

5. Im Uebrigen ist so zu verfahren, wie oben bei den Mitteln zur Verhütung von Schwammbildung angegeben wurde.

Die Ausrottung des Hausschwammes ist demnach eine sehr schwierige und meist recht kostspielige Arbeit und wenn dieselbe nicht mit der peinlichsten Sorgfalt ausgeführt wird, so kann es leicht eintreten, dass über Jahresfrist sich der Schwamm von neuem einstellt. Noch sei erwähnt, dass man auch das zur Entfernung der verpilzten Stoffe benutzte Fuhrwerk auf das Sorgfältigste zu reinigen hat.

§ 154. Mittel gegen Feuer.

Eine Unverbrennlichkeit des Holzes lässt sich durch kein einziges Mittel erzielen, wohl aber vermag man Holz schwerer entzündlich zu machen und ihm die Eigenschaft zu nehmen, mit heller Flamme zu verbrennen. Anstriche mit unverbrennlichen, schlecht wärmeleitenden, in der Hitze nicht abfallenden Stoffen gewähren nur einen bedingten Schutz, besser sind Imprägnirungen mit solchen Stoffen.

Folgende Mittel sind mit mehr oder weniger Erfolg zur Anwendung gelangt:

1. Wasserglaslösung mit Zusatz von etwas Kreide, geschlämmtem Thon oder Knochenasche (mindestens fünfmaliger Anstrich erforderlich).

2. Heisse, gesättigte Lösung von 3 Theilen Alaun und 1 Theil Eisenvitriol zweimal aufgetragen; zum dritten Anstrich wird verdünnte Eisenvitriollösung gewählt, die zur Erhaltung einer gut streichbaren Flüssigkeit mit einer genügenden Menge Töpferthon vermischt wird.

3. Holz in einer Lösung von schwefelsaurem Kalium gekocht, nach dem Trocknen mit einem Gemenge aus Steinkohlentheer und thonigen Zuschlägen erhitzt, dann Anstrich mit Asbest und feuerfestem Thon, der durch einen Dampfprocess haltbar gemacht wird.

4. Flüssiges, neutrales Chlorcalcium mit Kalkhydrat (Kalkbrei) zu gleichen Gewichttheilen gemengt, oder gebrannter Kalk in einer Chlorcalciumlösung gelöscht.

5. Mittel von Dr. Winkelmann in Augsburg: Lösung von 33 *g* Manganchlorür, 20 *g* Orthophosphorsäure, 12 *g* Magnesiumcarbonat, 10 *g* Borsäure und 25 *g* Salmiak in 1 *l* Wasser.

6. Mittel von Moore: Holz nach scharfem Trocknen in einen mit Kalkmilch angefüllten Kessel gebracht und unter starkem Druck schweflige Säure eingepresst. (Die Poren des Holzes füllen sich dann mit einer Lösung von schwefligsaurem Kalk, aus welcher sich später Gypskrystalle bilden.)

Ferner werden empfohlen: Ammoniumphosphat, Natriumwolframat, Borax, Bittersalz u s. w., auch die im § 151 erwähnte Behandlung mit zwei aufeinander wirkenden Salzlösungen. Ein Anstrich mit Kalkmilch ist nahezu unwirksam.

Viertes Capitel.

Die Metalle.*)

§ 155. Einleitung.

Von den Metallen haben nur Eisen, Kupfer, Zink, Zinn, Blei und Aluminium einen besonderen bautechnischen Werth, auch die aus Kupfer, Zink, Zinn, Blei u. s. w. hergestellten Legierungen, während Gold, Silber, Platin und Nickel nur von geringer, die übrigen Metalle von gar keiner Bedeutung für die Bautechnik sind.

---

*) Benutzte Werke: G. Mehrtens, »Eisen und Eisenconstructionen«, Handbuch der Baukunde, Bd. II, Heft 1. Berlin 1887. — »Handbuch der Architektur«, Theil I, Bd. I, S. 213—275, 2. Auflage, Darmstadt 1895. — Gottgetreu, »Baumaterialien«, Bd. II, S. 1—223, 3. Auflage. Berlin 1881. — E. Hoyer, »Lehrbuch der vergleichenden mechanischen Technologie«, Bd. I, S. 6 ff. 2. Auflage. Wiesbaden 1888. — Wedding, »Handbuch der Eisenhüttenkunde«, 2. Auflage. Braunschweig. — Lueger, »Lexikon der gesammten Technik«, Bd. II., S. 582—586 und 614—635. Stuttgart 1896. — V. Röll, »Encyklopädie des gesammten Eisenbahnwesens«, Bd. III, S. 1346—1358. Wien 1891 — u. A.

I. Eisen und Stahl.

A. Erzeugung des Eisens und Stahles.

§ 156. Eintheilung der Eisensorten.

Das wichtigste und verbreitetste aller Metalle ist unbestreitbar das Eisen, das wegen seiner Wohlfeilheit und seiner vorzüglichen Eigenschaften auch in der Bautechnik mannigfache Verwendung findet. Hauptsächlich nach dem Gehalt des Eisens an Kohlenstoff wurden lange Zeit die drei Arten unterschieden:

Roheisen oder Gusseisen mit 2—5% Kohlenstoff, leicht schmelzbar, nicht schmiedbar, nicht schweissbar;

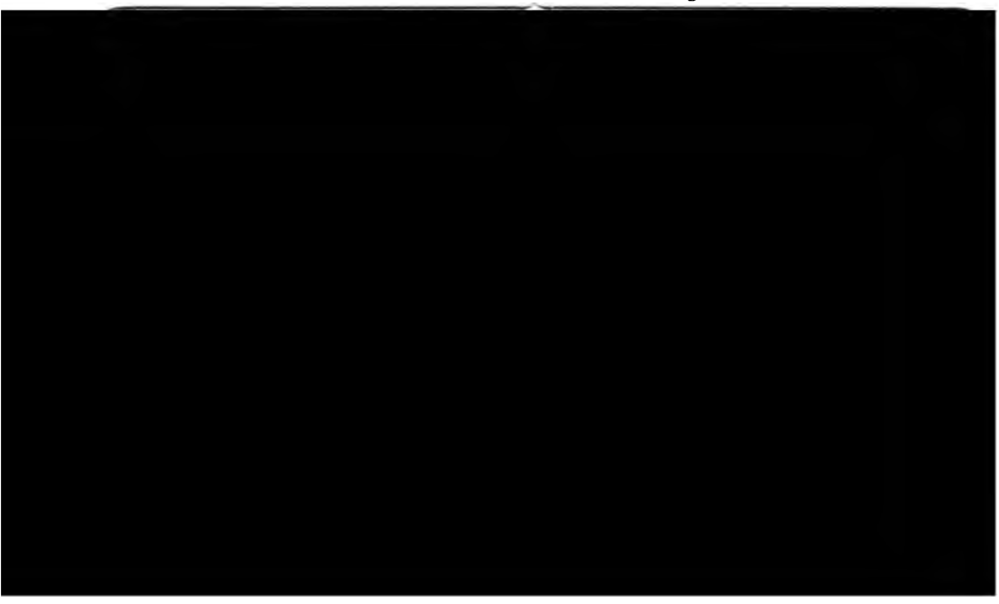
Schmiedeeisen oder Stabeisen mit 0·05—0·5% Kohlenstoff, schwer schmelzbar, nicht härtbar, aber schmied- und schweissbar;

Stahl mit 0·5—2% Kohlenstoff, schweissbar, schmiedbar, schmelzbar, härtbar.

Die beiden letzteren Arten lassen sich aber in ihren physikalischen Eigenschaften und in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht scharf von einander trennen. Auf erstere hat nicht nur der Gehalt an Kohlenstoff, sondern auch der an Silicium und Mangan einen grossen Einfluss. Mitunter zeigen Eisensorten von ähnlicher chemischer Zusammensetzung ein ganz verschiedenes Verhalten. Seit Erfindung des Bessemerprocesses wurden aus verschiedenen Processen hervorgegangene Producte von ganz verschiedenem Kohlenstoffgehalt und einerlei, ob sie härtbar waren oder nicht, namentlich in England und Nordamerika »Stahl« genannt, wobei man höchstens »harten« und »weichen« (nicht härtbaren) Stahl unterschied. Um diese Unklarheit in der Bezeichnung der Eisensorten zu beseitigen, wurde auf einem bei Gelegenheit der Weltausstellung in Philadelphia 1876 abgehaltenen internationalen Congress hervorragender Fachleute folgende Nomenclatur empfohlen, die in Deutschland gebräuchlich, aber nicht überall heimisch geworden ist.

Technisch verwerthetes, kohlenstoffhaltiges Eisen





meteorisches (aus dem Weltenraume stammendes) Eisen vor, dagegen findet man es als Bestandtheil fast aller Mineralien. Enthalten Mineralien das Eisen in so grosser Menge, dass man sie mit Vortheil zur Eisengewinnung benutzen kann, so nennt man sie Erze. Mineralien mit weniger als etwa 25% Eisen werden gewöhnlich nicht mehr verhüttet; zeigt ihre Gangart aber eine für die Schlackenbildung günstige Zusammensetzung, so lassen sie sich an Stelle der sogenannten eisenhaltigen Zuschläge (mit bis 15% Eisengehalt), zu denen sie den Uebergang bilden, mit Nutzen verwenden. Die Eisenerze bestehen fast alle aus Oxyden, Hydroxyden oder Carbonaten des Eisens. Die wichtigsten Erze sind:

1. Magneteisenstein (Magneteisenerz, Magnetit), Eisenoxyduloxyd, mit 40—72% Eisengehalt, dem specifischen Gewichte 4·8—5·2 und der Härte 5·5—6·5. Dieses Erz ist schwer schmelzbar, in Salzsäure löslich, schwarz oder grünlichschwarz gefärbt; es besitzt meistens magnetische Eigenschaften, einen muscheligen bis unebenen Bruch und einen schwarzen Strich; man kann es leicht verarbeiten und oft ohne Zuschlag schmelzen, weil es oft alle zur Schlackenbildung nothwendigen Stoffe bereits enthält. Grosse Lager, beziehungsweise Gruben dieses Minerales befinden sich in Schweden und Norwegen (Danemora, Falun, Gellivara, Taberg bei Jönköping, Arendal, Presberg u. s. w.), im Uralgebirge, in Mexiko (Cerro del Mercado), in Nordamerika (Lake Champlain und Lake superior), in Neuseeland, auch in Deutschland (Schmiedeberg in Schlesien) u. s. w.

Abart: Franklinit, mit 45% Eisen, 21% Zink und 9% Mangan. Man kann es auf Eisen und auf Zink verhütten. Fundort zwischen Franklin und Ogdensburg im Staate New-Yersey.

2. Rotheisenstein (Eisenoxyd), mit 30—70% Eisengehalt, dem specifischen Gewichte bis 5·3 und der Härte 3—6·5. Dieses Erz ist schwer schmelzbar, in Salzsäure langsam löslich, schwarz und magnetisch vor dem Löthrohr, von rother bis röthlich-schwarzer Farbe und besitzt einen rothen Strich und einen grauen bis schwarzen Eisenglanz.

Arten: *a*) Eisenglanz (krystallisirtes Eisenoxydul), in stahlgrauen bis schwarzen, metallglänzenden, häufig irisirenden Krystallen. Man findet dieses Erz in Schweden und Lappland, in Nordamerika (am Oberen See, Michigansee und am Missouri), auf der Insel Elba u. s. w.

b) Rother Glaskopf (Hämatit), in kugeligen und nierenförmigen Absonderungen mit strahligem Gefüge. Hauptfundorte in Lancashire, Cumberland und Forest of Dean in England.

c) Eisenglimmer (Eisenrahm), in blättrig-schuppigen Krystallen, Abart des Eisenglanzes.

d) Eisenocker, dicht, erdig oder mulmig. Hauptfundorte: am Irrgange bei Platten in Böhmen, in Deutschland im Lahngebiete in der Gegend von Giessen, Wetzlar, Nassau und Siegen.

3. Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat), mit 20—60% Eisengehalt, dem specifischen Gewichte 3·94—4·02 und der Härte 4·5. Das Mineral ist oft leicht reducirbar und leicht flüssig, von brauner, gelblichbrauner oder ockergelber Farbe und unvollkommen metallglänzend, besitzt nadel-, haar- oder traubenförmige Formen und ist auch derb und erdig.

Arten: *a*) Brauner Glaskopf, in nierenförmigen oder stalaktitischen Formen, leicht schmelzbar, braun bis schwarz gefärbt, sehr rein. Man findet

ihn in der Gegend von Siegen, im Nassauischen, in Oberschlesien, Böhmen, Kärnten und Steiermark, im Fichtelgebirge, Schwarzwald und Thüringerwald, in England (bei Alston-Moore und Durham), in Spanien (Pyrenäen), in den baskischen Provinzen und Sibirien, in Brasilien, Nordamerika, Algier u. s. w.

b) Bohnenerze (oolithische Erze), in kugeligen Körnern mit concentrisch schaliger Absonderung, die oft durch kohlensauren Kalk, Quarz oder eisenschüssigen Thon miteinander verbunden sind, mit gelbbraunem Strich. Hauptfundorte: Peine bei Hannover, in Württemberg, Frankreich u. s. w.

c) Minette-Erz, ein phosphorhaltiger, kalkiger Brauneisenstein. Man unterscheidet: graue Minette, welche eisenärmer, aber kalkreich, und rothe Minette, welche eisenreich, aber kalkärmer ist. Hauptfundort: Luxemburg und Lothringen.

d) Gelbeisenstein, ein Brauneisenstein mit rein gelbem Strich und meist mit Thon verbunden. Man findet ihn in fast allen neptunischen Gebirgsarten.

e) Gewöhnlicher oder gemeiner Brauneisenstein. Fundorte in Oberschlesien, bei Osnabrück, im Siegener Land, in Nassau u. s. w.

f) Brauner Thoneisenstein, ein mit Kieselthon vermengter Brauneisenstein.

g) Rasenerz, Morast- oder Wiesenerz, See-Erz, knollige oder schlammige Massen von brauner oder schwarzer Farbe, aus Eisenoxyd, Eisenoxydulhydrat, Manganoxyd, Phosphorsäure, organischen Stoffen und Sand bestehend. Hauptfundorte in Belgien und Holland. Meist auf Gusseisen verarbeitet, weil das daraus hergestellte Eisen dünnflüssig ist und die Formen gut ausfüllt.

4. Spateisenstein oder Stahlstein (kohlensaures Eisenoxydul), mit 25—48% Eisengehalt, dem specifischen Gewichte 3·6—3·9 und der Härte 3·5—4·5. Dieses Erz ist leicht schmelzbar, von gelblicher bis gelblich-grauer Farbe, die an der Luft allmälig in eine blauschwarze oder dunkelblaue übergeht, glas- oder perlmutterglänzend und mit muscheligem bis unebenem Bruch. Man findet es im Harz, im Siegener Land, in der Umgegend von Coblenz, in Westphalen, Schmalkalden, Nassau, im Thüringerwald, in Kärnten, Steiermark, Oberungarn u. s. w.

Abarten: *a*) Strahlstein (Eisenkalk), in Krystallen oder in krystallinisch-blätterigen oder strahligen Massen vorkommend, derb-, grob- oder feinkörnig, von gelblicher, röthlicher, grünlicher oder grauer, an der Luft nachdunkelnder Farbe. Hauptfundorte: Freiberg in Sachsen, Lobenstein in Reuss, Klausthal, Eisenerz in Steiermark, Hüttenberg in Kärnten, Müsen bei Siegen u. s. w.

b) Sphärosiderit oder Thoneisenstein, kohlensaures Eisenoxyd, in kugeligen, nieren- oder traubenförmigen Stücken mit strahligem Gefüge vorkommend, oft mit Thon und Mergel vermengt und von gelber, grauer oder bräunlicher Farbe. Hauptfundorte: an der Weser, in der Grafschaft Schaumburg, bei Minden und Osnabrück, bei Steinheim, bei Hanau und Drausberg bei Göttingen, ferner in England, Frankreich, Nordamerika u. s. w. Hierher gehört auch der sogenannte Clayband, welcher ein inniges Gemenge von Spateisenstein mit Thonmineralien darstellt.

c) Kohleneisenstein (Blackband), ein mit Kohle vermengter Thoneisenstein mit 34—41% Eisen, 20—25% Kohle und 10—15% Thon, von

schwarzer Farbe und ohne Glanz. Fundorte in Westphalen, Belgien, England, Schottland, Banat u. s. w.

Auch Schwefelkies- oder Pyritabbrände der Schwefelsäurefabriken werden nach Entfernung ihres Silber-, Kupfer- und Zinkgehaltes auf nassem Wege zumeist auf graues Roheisen verschmolzen oder auf Schmiedeeisen verhüttet.

§ 158. Vorbereitung der Rohstoffe. Zuschläge.

Die Gewinnung der Erze geschieht bergmännisch in derselben Weise, wie dies in den §§ 62 und 63 dieses Buches beschrieben worden ist.

Bevor die Erze in den Hochofen gebracht werden, müssen sie aufbereitet, d. h. bis auf die Grösse eines Tauben- oder Hühnereies durch Handarbeit mittelst Handfäustel oder durch Pochhämmer, Pochwerke mit eisernen Stempeln (siehe § 86, II, 1), Steinbrechmaschinen (siehe § 86, II, 5), Quetschwalzwerke (siehe § 86, II, 4) oder Mahlwerke (siehe § 86, II, 9) zerkleinert und durch Sieben und Waschen oder Schlämmen von den beigemengten erdigen Bestandtheilen (Gangarten) befreit werden. Mitunter werden die Erze auch mit wässeriger schwefliger Säure digerirt, um aus ihnen den phosphorsauren Kalk, welcher ein vorzügliches Düngemittel darstellt, zu entfernen. Eine weitere Art der Aufbereitung ist das Rösten, d. h. die Erhitzung der Erze bei Luftzutritt und bis zu einer Temperatur, welche den Schmelzpunkt nicht erreicht. Durch das Rösten wird eine Auflockerung des Rohstoffes und damit eine Erleichterung der Reduction (des Schmelzens) erzielt, ferner werden flüchtige Bestandtheile (Wasser und Kohlensäure) entfernt und Bitumen sowie ein Theil des Schwefels und Arsens u. s. w. ausgetrieben. Das Rösten erfolgt entweder in Meilern (Kohleneisensteine), indem man auf einer trockenen Sohle eine dünne Schicht grober Erzstücke ausbreitet, darüber eine Lage kreuzweis geschichteter Holzstücke und auf diese Reisig oder Kohle aufbringt, dann Erzstücke und Brennstoff in mehreren abwechselnden Schichten auflegt, den Meiler unten anzündet und ihn je nach seiner Grösse 1—4 Wochen lang in Brand hält, oder sie geschieht in Stadeln (mulmige und schwefelhaltige Erze), die aus einem von vier Mauern eingefassten, gepflasterten, oben meist offenen Raum bestehen und Aehnlichkeit mit dem im § 92 beschriebenen und in Figur 129 abgebildeten »offenen Ziegelofen« besitzen, oder man benutzt zum Rösten Flammöfen mit geneigter Sohle, auf welcher die Erze herabrutschen, oder Schachtöfen, in denen entweder der zur Erhitzung nöthige Brennstoff mit den Erzen in abwechselnden Schichten aufgegeben oder zweckmässig die aus Eisenhochöfen abgeleiteten, brennbares Kohlenoxydgas enthaltenden Gichtgase zwischen den Erzen verbrannt werden (Gasröstöfen).

Geröstet werden stets Spat-, Thon- und Kohleneisenerze behufs Umwandlung derselben in Eisenoxyd oder Entfernung des Schwefels, auch Magneteisenerze, um eine höhere Oxydation und Auflockerung zu erzielen, sodann die für den Hochofen bestimmten Zuschlagskalksteine, ausnahmsweise die Roth- und Brauneisenerze zum Austreiben des Schwefels oder um Mürbigkeit zu bewirken, und eisenreiche Schlacken, wenn sie im Hochofen eingeschmolzen werden sollen. (Siehe Mehrtens, a. a. O., S. 59.) Die gerösteten Erze werden nochmals zerkleinert.

Nur wenige Erze (sogenannte selbstgehende Erze) besitzen ein derartiges Verhältniss von nicht eisenhaltigen Bestandtheilen (Gangarten), dass

sie für sich allein auf Roheisen verschmolzen werden können. Solche Erze haben eine derartige Zusammensetzung, dass beim Schmelzen eine Schlacke entsteht, deren Schmelzpunkt dem des Roheisens entspricht. In den meisten Fällen muss man, um ein richtiges Verhältniss zwischen Thonerde, Kalk und Kieselsäure zu erhalten, entweder verschiedene Eisenerze miteinander vermischen (gattiren) oder fremde Stoffe (Zuschläge) hinzufügen. Als Zuschläge dienen gebrannter und ungebrannter Kalk, Magnesia, Kieselsäure und Thonerde, Thonschiefer, Grauwacke und, falls eine vermehrte Schlackenbildung erwünscht ist, Hornblende, Augit, Feldspath u. s. w., mitunter auch Mergel, Flussspath u. s. w. Manganhaltige Zuschläge erzeugen Strengflüssigkeit, magnesiahaltige Leichtflüssigkeit. Kalk- und magnesiahaltige Zuschläge (Kalk und Dolomit) erhalten kieselsäure- und thonerdereiche Erze. Ausnahmsweise sind kalkhaltigen Erzen Zuschläge von Thonerde zu geben. Man rechnet auf 1 Theil Erz 0·5—2 Theile Zuschlag und bestimmt das Gemenge, welches Möllerung genannt wird, so, dass dasselbe 30—50% Eisen enthält.

Um die richtige Zusammensetzung der Beschickung (Gattirung oder Möllerung sammt der zugehörigen Brennstoffmenge) zu erproben, entnimmt man den Erzen Probestücke im Gesammtgewichte von 1—2 *kg*, pocht dieselben fein, trocknet das Mehl bei 100° C., vermengt es mit den Zuschlägen und schmilzt es. Besitzt die vollständig geflossene Schlacke eine graue, gelbliche oder violette Farbe, eine emailartige Beschaffenheit und einen muscheligen Bruch, so war die Mischung eine gute; ist sie aber glasig, mehr oder minder vollständig durchsichtig, leicht zerbrechlich, von muscheligem Bruch und scharfkantig, sowie von grüner Farbe, so war in dem Gemenge ein zu hoher Kieselsäuregehalt; besitzt letztere Schlacke aber keine grüne Farbe, so war die Mischung noch eine richtige; ist die Schlacke steinig, erdig, grau, gelb oder braun gefärbt und zeigt sie einen rauhen Bruch, so enthielt die Mischung einen zu grossen Gehalt an Basen; zerfällt die Schlacke bei der Berührung zu Pulver, so war in der Mischung zu viel Kalkerde. (Siehe Muspratt, »Technische Chemie«, 3. Auflage. II, S. 508).

werden, während im unteren Theile Wind, d. h. gepresste Atmosphärenluft, eingeführt wird, die den Kohlenstoff des Brennstoffes in Kohlenoxyd umwandelt, dass sie einen aus feuerfesten Steinen aufgeführten Schacht (Kernschacht) besitzen, der durch zwei mit ihren Grundflächen aufeinander gesetzte Kegelstumpfe gebildet wird, dass die erzeugte Schlacke beständig ausfliesst, das Roheisen aber nur zeitweilig abgestochen wird, u. s. w. Viel verwendet wird der sogenannte neuere rheinische Coakshochofen, welchen die Figuren 278 und 279 im Schnitt und Grundriss darstellen. Die obere kreisförmige Oeffnung *A*, Gicht genannt, ist mit einem eisernen Mantel (Gichtmantel) *N* versehen, durch dessen Oeffnungen die Beschickung, das Eintragen der Erze, der Zuschläge und des Brennstoffes bewirkt wird. Sie trägt einen Blechcylinder *O*, den Gichtgasfang, hinter welchem sich bei der Beschickung, die den Gichtgasen Widerstand leistet, letztere ansammeln und dann durch Canäle p und p_1 zur weiteren Verwendung abgeführt werden. Sollen die Gase nicht mit der Atmosphärenluft in Berührung kommen, so wird die Gicht in den Zeiten, zu welchen nicht aufgegeben wird, verschlossen. Der Gichtboden (Gichtplateau) ist mit einer Gallerie umgeben, auf welche die Beschickung meistens mittelst Aufzüge (Wasserdruck- oder Luftdruckaufzüge oder Dampfmaschinen nach Art der Fördermaschinen) gebracht wird. Von der Gicht abwärts erweitert sich der Schacht bis zum Kohlensack oder Bauch *B*, wo beide Kegel zusammenstossen, zieht sich dann, die Rast bildend, zusammen und endigt über einem cylindrischen (mitunter auch prismatischen) Hohlraum *C D*, Gestell genannt, welches mit drei sosogenannten Formen *F* zum Einblasen des Windes versehen ist.

An das Gestell schliesst sich der Herd *D* an, der aus grossen feuerfesten Steinen gebildet wird und zur Ansammlung des geschmolzenen Eisens dient. Der innere Schacht (Kernschacht) *E* ist ebenfalls aus feuerfesten Steinen aufgeführt und ruht auf einem eisernen Ringe *a* und vier Säulen *v*; er wird von einem aus gewöhnlichem Mauerwerk hergestellten Mantel *G* (Rauhschacht) umgeben, in dessen unterem Theile Arbeitsgewölbe *K* und Formgewölbe *I* ausgespart und nach oben hin durch Trageisen *b* begrenzt sind. In den Formgewölben befinden sich Oeffnungen (Formen) *f*, durch welche die Düsen (die äussersten Enden der Windzuleitungsröhren) bis in den Herd eintreten. Zur Bewegung des Ringes, der den Raum zwischen Düse und Form verschliesst, dient das Rad *m*. Bei den schottischen Hochöfen umgiebt den Kernschacht statt des Rauhschachtes ein aus Eisenplatten zusammengenieteter Mantel; da dieser aber die Zugänglichkeit des Schachtes während des Betriebes erschwert u. s. w., so baut man in neuerer Zeit auch Hochöfen mit vollständig freistehendem, aus feuerfesten Steinen aufgeführtem und durch umgelegte Anker sorgfältig armirtem Schacht.

Der Zwischenraum zwischen Kern- und Rauhschacht wird mit einem schlechten Wärmeleiter (z. B. Asche) ausgefüllt; er gestattet eine ungehinderte Ausdehnung des Kernschachtes beim Erhitzen und verhindert die Wärmeausstrahlung. In den vier Ecken des Rauhschachtes befinden sich enge, im Mauerwerk ausgesparte Canäle *c* (Fig. 279), die von der Feuerung *L* bis zum Gichtboden führen und dazu dienen, die Heizgase durch das Mauerwerk zu leiten, um letzteres vor der Inbetriebsetzung gehörig auszutrocknen. Der Herd *D* ist beim rheinischen Coakshochofen nach der Arbeitsöffnung *K* hin durch den Wall- oder Dammstein *g* abgeschlossen, der auf seiner Vorder-

seite eine Eisenplatte (Wallsteinplatte) besitzt, welche durch den Luftcanal *h* gekühlt wird. Auf der entgegengesetzten Seite ist der Herd vom Rückstein *f* und seitlich von den Backensteinen oder dem Futter begrenzt. In dem Wallstein befindet sich an einer Seite ein Schlitz mit einer Stichöffnung, die gewöhnlich mit thonhaltigem, feuerfestem Sand verschlossen ist und nur dann geöffnet wird, wenn das geschmolzene Roheisen aus dem Herd abgestochen werden soll. In einer gewissen Höhe über dem Sohlstein (Bodenstein) *e* endigt die vordere Gestellwand in den Tümpelstein *n*, welcher an seiner Vorderseite durch ein Eisenblech (Tümpelblech) geschützt ist und auf einem Eisen (Tümpeleisen) ruht. Der zwischen Wall- und Tümpelstein verbleibende Raum, Vorherd genannt, gestattet den Zutritt zum Ofen. Solche Oefen nennt man Oefen mit offener Brust. Es giebt aber auch Oefen, bei denen der Kernschacht auf allen Seiten des Gestelles gleichmässig niedergeführt (Oefen mit geschlossener Brust oder Tiegelöfen) und nur unten eine kleine Oeffnung zum Schlackenabfluss und darunter eine zum zeitweiligen Ablassen des flüssigen Roheisens gelassen ist; solche Oefen halten die Hitze im Gestell besser zusammen, vermindern die Entstehung von Ansätzen im Herd und stören das Schmelzen weniger, so dass sie von manchen Hütten vorgezogen werden.

Ueber dem Dammstein *g* fliesst die Schlacke auf der aus Thon und Kohlenlösche gebildeten Schlackentrift *M* ununterbrochen ab; diese Trift ist freilich durch die gusseiserne Schlackenseite *F* begrenzt.

Die Arbeit im Hochofen ist eine ununterbrochene und dauert in der Regel so lange, als der Ofen hält (Campagne, Ofen- oder Hüttenreise). Die Länge einer Ofenreise ist namentlich abhängig von der Haltbarkeit der Rast und des Gestelles, welche am meisten der Zerstörung ausgesetzt sind. Meistens ist der Kernschacht schon nach 3—4jährigem Betrieb zu erneuern, doch kommen auch Ofenreisen von mehr als 20 Jahren vor. Um das Durchbrennen der Rast, des Gestelles und des Sohlsteines zu verhüten, bespült man unmittelbar das Mauerwerk mit Wasser (Berieselungsmethode) oder führt es unter Druck durch eiserne, eingemauerte Leitungen (Circulationsmethode). Stets werden die eisernen Hülsen der Windzuführungsöffnungen gekühlt. Das Abkühlen des Mauerwerks wird nur so weit erforderlich vorgenommen, um Wärmeverluste möglichst zu vermeiden. Ist der Ofen nicht mehr betriebsfähig, so wird er ausgeblasen, indem man zuletzt nur Kohle statt Erz aufgiebt und damit den Ofen erkalten lässt.

Bei der Beschickung des Hochofens, die in mehreren Sätzen (Chargen, Wagenladungen) bis zu 1000 *kg* Möllerung abwechselnd mit 1000—2500 *kg* Brennstoff erfolgt, werden gleichzeitig die Gebläse in Thätigkeit gesetzt. Ein Coakshochofen liefert täglich 50.000—100.000 *kg* Roheisen; soll derselbe in 24 Stunden 60.000 *kg* Roheisen erzeugen, so ist er in dieser Zeit mit etwa 100.000 *kg* Kohle, 68.000 *kg* Kalkstein und 150.000 *kg* Eisenerz zu beschicken.

Um die chemischen Vorgänge im Hochofen veranschaulichen zu können, sind (nach Scheerer) in Figur 278 verschiedene Zonen abgetheilt.

In der Zone I—II, der Vorwärmzone, werden die Erze u. s. w. vollständig ausgetrocknet, vorgewärmt und aufgelockert.

In II—III, der Abscheidungszone, erfolgt die Reducirung der Erze zu metallischem Eisen, das eine poröse, kohlenstofffreie, fast unschmelzbare Masse, den Eisenschwamm, bildet. Die reducirenden Stoffe sind Kohlen-

oxyd, Kohlenwasserstoff nnd Cyanverbindungen. In dieser Zone verlieren Zuschlagkalk und rothe Spateisensteine den grössten Theil ihrer Kohlensäure und die Brennstoffe etwa vorhandenen Schwefel, der dann in das metallische Eisen übergeht.

In III—IV, der Kohlungszone, nimmt das Eisen Kohlenstoff auf (hauptsächlich aus den Dämpfen der Alkalicyanide), wodurch es schmelzbar wird. Diese Aufnahme erfolgt um so vollständiger, je langsamer die Beschickung niedersinkt. Bei unvollständiger Kohlung wird vom Eisen eine grössere Menge Silicium, Schwefel und Phosphor aufgenommen als bei vollständiger.

In IV—V, der Schmelzzone, gelangt das Eisen zum Schmelzen bei Aufnahme des vollen Kohlenstoffgehaltes des Roheisens. Dabei reducirt ein Theil seines Kohlenstoffes Kalk, Phosphorsäure u. s. w., so dass das Eisen die reducirten Stoffe, Aluminium, Mangan, Calcium, Phosphor und Silicium, aufnimmt. Auch die Zuschläge kommen hier zum Schmelzen, und die Schlacke umhüllt das Eisen, so dass es in der nächsten Zone V—VI, der Verbrennungs- oder Oxydationszone, in welcher die Hitze bei Coakshochöfen bis auf 2650° *C.* gesteigert werden kann, gegen Verbrennung geschützt ist. In dieser Zone findet eine lebhafte Verbrennung des Kohlenstoffes und die Vollendung der Reduction der ursprünglich gebildeten Kohlensäure zu Kohlenoxydgas statt, unter Mitwirkung der aus den Düsen eintretenden Luft.

Das geschmolzene Eisen sammelt sich im Herd an und bleibt dort der hohen Temperatur wegen flüssig. Es wird in der Regel zwei- bis sechsmal täglich abgestochen, wobei man des ruhigeren Abflusses wegen das Gebläse ausser Thätigkeit setzt.

Die zur Verbrennung nöthige Luft (Wind) wird durch Gebläsemaschinen mit Windkessel an die Düse mit einem Druck von 200—500 *kg* für das Quadratcentimeter gepresst. Um Wärmeverluste beim Schmelzprocess zu vermeiden, erhitzt man diese Luft vor Eintritt in den Hochofen mit Hilfe besonderer Winderhitzungsapparate. Die letzteren sind entweder Röhrenapparate, bei denen der Wind durch die von aussen erwärmten Rohre geleitet wird, oder es sind Regeneratoren. Diese Apparate, welche mit feuerfesten Steinen gitterartig ausgesetzt sind, gelangen paarweise zur Anwendung und werden so lange durch die Flamme eines Brennstoffes (gewöhnlich Gichtgase) durchströmt, bis die Steine stark erhitzt sind. Während die Verbrennungsgase den zweiten Apparat erhitzen, leitet man den Wind durch den ersten und erhöht die Temperatur desselben auf 500—800° *C.* Nach Abkühlung der Steine werden Wind- und Gasstrom umgeschaltet.

Die Schlacke wird entweder in heissem Zustande im Schlackenwagen auf die Halde gefahren oder sie wird granulirt (vergl. § 215) und zur Herstellung von Steinen (vergl. § 96), von Cement (vergl. § 218), von Schlackenwolle oder in der Glasfabrikation zur Herstellung grüner Flaschen u. s. w. benutzt.

§ 160. Eintheilung des Roheisens und Eigenschaften desselben.

Nach dem Abstich wird das Roheisen entweder in eisernen Formen (für weisses) oder in Sandformen (für graues Roheisen) aufgefangen, die durch Rinnen mit einem grösseren, vom Stichloch ausgehenden Graben

geschreckten Gussflächen nicht nur die Farbe, sondern auch die Härte des weissen Roheisens hervorgerufen (Hartguss). Durch anhaltendes Glühen wird graues Roheisen mürbe (weich), durch wiederholtes Schmelzen mangan- und siliciumärmer.

Entzieht man dem grauen Roheisen durch Schmelzen bei reichlichem Luftzutritt den Siliciumbestandtheil, so erstarrt es, selbst bei langsamer Abkühlung, ohne Graphitausscheidung und wird so zu weissem Roheisen.

Phosphor bis 1 % macht das Roheisen dünnflüssig, also für Kunstguss geeignet, erhöht jedoch über 1 % die Sprödigkeit derart, dass das Roheisen für Giessereizwecke untauglich wird. Ein Schwefelgehalt macht das Eisen strengflüssig; steigt er jedoch über 0·1 %, so neigt das Eisen zum Weisswerden und wird hart und spröde.

Nach der Herstellungsweise unterscheidet man:

a) Holzkohlen-Roheisen, welches sich durch Reinheit und Festigkeit auszeichnet, so dass es als Qualitätseisen bei der Hartgussfabrikation, sowie beim Frischen Verwendung findet. Man theilt es ein in graues, schwach halbirtes und stark halbirtes Roheisen.

b) Coaks-Roheisen, welches hauptsächlich in der Giesserei Verwendung findet. Man theilt es ein nach Farbe und Korn in:

α) schwarzes Roheisen, welches nur als Zusatzeisen verwendet wird.

β) graues Roheisen I, grobkörniges und sehr graphitreiches Giessereiroheisen.

γ) graues Roheisen II, feinkörniges, Ersatz für Brucheisen.

δ) halbirtes Roheisen. Es bildet den Uebergang zwischen dem weissen und dem grauen Roheisen und wird in der Hartgussfabrikation und beim Frischen verwendet.

ε) Bessemer-Roheisen mit 3—3·5 % Graphit, 2—3 % Silicium und nicht mehr als 0·1 % Phosphor oder Schwefel; dient zur Darstellung des Flusseisens oder Flussstahles nach dem Bessemer-Verfahren.

c) Ferrosilicium oder Silicium-Eisen mit mehr als 10 % Silicium; dient als Zusatzeisen, und zwar in der Giesserei bei Anwendung von weissem Eisen und bei der Darstellung von Flusseisen und Flussstahl zum Rückkohlen.

§ 161. Erzeugung des Schweisseisens.

Das älteste Verfahren, schmiedbares Eisen unmittelbar aus den Erzen herzustellen, die sogenannte Rennarbeit, wird heute wegen des bedeutenden Verlustes an Eisen, des grossen Bedarfes an Brennstoff und des erheblichen Aufwandes an Arbeit nur äusserst selten und nur zur Erzeugung kleiner Mengen angewendet. Bei der Rennarbeit werden reine und leicht reducirbare Erze in kastenförmigen Vertiefungen (Rennfeuer, Luppenherden) unter Mitwirkung eines Gebläses mit Holzkohlen niedergeschmolzen, wobei das Eisen zu einem Klumpen (Luppe) zusammengeballt, dann ausgehämmert und gestreckt wird. Dieses Verfahren wurde von William Siemens verbessert, welcher einen rotirenden Ofen (Rotator) construirte, in dem das zerkleinerte und mit entsprechenden Zuschlägen gemischte Erz in einem cylindrischen, beiderseits konisch verengten, mit feuerfesten Stoffen ausgefütterten Behälter bei heller Rothgluth mittelst Regenerativfeuerung flüssig gemacht und dabei das abgeschiedene

Eisenoxyd in der flüssigen erdehaltigen Schlacke abgeschieden wird, worauf man Steinkohlenklein zusetzt und den Behälter durch einen Zahnradmechanismus in schnelle Umdrehung versetzt. Die Kohle reducirt das Eisenoxyd und es schweissen die ausgeschiedenen Eisentheile zu einer Luppe zusammen. Aber auch dieses Verfahren hat nur beschränkte Anwendung gefunden.

Der mittelst der Rennarbeit erzeugte Stahl führt die Namen Rennstahl, Wolfsstahl u. s. w.

In der Regel wird das schmiedbare Eisen aus Roheisen erzeugt, welches man durch oxydirendes Schmelzen entkohlt. Dieses Verfahren nennt man Frischen. Die Verminderung des Kohlenstoffes im Roheisen durch Verbrennung mittelst Sauerstoff wird entweder dadurch erreicht, dass man atmosphärische Luft über das Eisen leitet, wobei man sich eines offenen Herdes (Herdfrischen) oder eines geschlossenen Flammofens (Flammofenfrischen oder Puddeln) bedient, oder dadurch, dass man die Luft durch das geschmolzene Eisen hindurchtreibt (Windfrischen oder Bessemern). Durch das letztere Verfahren erhält man Flusseisen.

1. Das **Herdfrischen.** Hierzu benutzt man einen kleinen, viereckigen vertieften, mit Gusseisenplatten (Zacken) ausgefütterten und von Mauerwerk umschlossenen Herd, dessen Bodenplatte gewöhnlich von unten gekühlt und über dessen einen Rand die Gebläseluft geführt wird. Der Herd wird mit Holzkohlen gefüllt, dann werden dieselben entzündet und durch den mittelst geneigter Form eingeblasenen Windstrom zur lebhaften Verbrennung gebracht. Die Roheisenstücke werden hierauf von der dem Gebläse gegenüberliegenden Arbeitsöffnung aus auf den Rand des Herdes geschoben und tropfenweise eingeschmolzen, wobei nicht nur ein Theil des Kohlenstoffes unmittelbar verbrannt, sondern auch Eisenoxyd erzeugt wird, das an den noch vorhandenen Kohlenstoff Sauerstoff abgiebt und dadurch einen weiteren Theil des Kohlenstoffes in Kohlenoxyd verwandelt, das entweicht. Gleichzeitig werden durch den Sauerstoff Silicium, Mangan, Phosphor und andere Beimengungen des Roheisens oxydirt, aus denen sich eine Schlacke (Frischschlacke) bildet. Das auf dem Boden des Herdes sich ansammelnde teigartige Eisen wird mittelst Brechstangen herausgehoben (Rohaufbrechen), dann werden die Reste der verbrannten Kohle entfernt, hierauf wird neuer Brennstoff aufgeschüttet und das Verfahren wiederholt. Nach dem dritten Niederschmelzen ist der Process in der Regel beendet. Das beim Gareinschmelzen entstandene gefrischte Eisen wird als Klumpen (Luppe) aus dem Herd genommen (Garaufbrechen). Dieser Klumpen besitzt eine schwammige Beschaffenheit und ist ganz von Schlacke durchzogen. Letztere wird durch Zängen, d. h. mittelst Hämmer (Dampfhämmer, Stielhämmer, Stirnhämmer, Aufwerfhämmer, Schwanzhämmer) oder mittelst Quetschen (Luppenquetschen) oder mittelst Walzen (Luppenmühlen) herausgequetscht und gleichzeitig dadurch das schwammige Gefüge des Eisens entfernt. Es entsteht hierbei ein homogenes Eisenstück, welches weiter zu Stabeisen zusammengeschweisst und ausgeschmiedet wird.

Verwendet man beim Herdfrischen graues Roheisen, so wird dasselbe beim ersten Niederschmelzen gefeint, d. h. das Silicium durch Oxydation entfernt und gleichzeitig der Graphit in gebundenen Kohlenstoff verwandelt. Nach dem zweiten Niederschmelzen (Rohfrischen) entsteht Stahl und erst nach dem dritten (Garfrischen) Schmiedeeisen. Man nennt den ganzen

Process deutsche Frischarbeit oder Dreimalschmelzerei. Bei Verwendung von gefeintem, d. h. in einem Feineisenfeuer auf Coaks geschmolzenem und unter starker Einwirkung des Gebläses tropfenweise niedergeschmolzenem, siliciumarmem und nur gebundenen Kohlenstoff enthaltendem Eisen (Feineisen) oder von siliciumarmem, aber kohlenstoffreichem, weissem Roheisen bildet sich schon nach dem zweiten Niederschmelzen Schmiedeeisen (Zweimalschmelzerei oder Wallonschmiede). Benutzt man ein silicium- und kohlenstoffarmes, also stahlartiges Roheisen, so genügt zur Erzeugung von Schmiedeeisen ein einmaliges Niederschmelzen (Einmalschmelzerei oder Schwalarbeit).

Soll Stahl (Herdfrischstahl) erzeugt werden, so fällt das Gareinschmelzen fort, da dann dem Roheisen nicht so viel Kohlenstoff entzogen werden darf.

Die beim Roh- und Garfrischen sich bildende Schlacke wird Garschlacke genannt; sie ist umso »garer«, je mehr Eisenoxyduloxyd sie enthält.

Wie schon oben bemerkt wurde, wird beim Herdfrischen (aber auch beim Puddelverfahren und bei der Rennarbeit) eine Entphosphorung des Eisens (bis auf 80% des ursprünglichen Gehaltes) erzielt. Dies erfolgt durch die niedrige Temperatur und die lange Dauer des Processes, jedoch nur dann, wenn der Herd, beziehungsweise die Wände des Ofens aus Eisen hergestellt und mit Eisenoxyd besetzt werden und wenn die anfangs gebildete kieselsäurereiche Schlacke entfernt wird; es findet dann durch Einwirkung des Eisenoxyd eine Ueberführung des Phosphors als Phosphorsäure in die Schlacke statt. (Vergl. Mehrtens, a. a. O., S. 47.)

2. **Das Flammofenfrischen oder Puddeln.** Da das Herdfrischen eine grosse Menge theueren Brennstoffes (Holzkohle oder gedörrten Holzes) erfordert und eine geringe Ausbeute giebt, so wird dasselbe immer mehr und mehr verlassen und durch das Puddeln ersetzt, bei welchem das Roheisen nicht in unmittelbare Berührung mit dem Brennstoff gelangt, so dass man minderwerthige Steinkohlen, die ihres Schwefelgehaltes wegen beim Herdfrischen nicht benutzt werden können, auch Braunkohle oder Torf zur Feuerung verwenden kann.

Das Einschmelzen des Roheisens und das Frischen wird hier auf dem Herde eines Flamm- oder Puddelofens vorgenommen, dessen gebräuchlichste Construction die Figuren 280 und 281 im Schnitt und Grundriss veranschaulichen. Die eiserne Sohle des meistens 1·2—2 *m* langen, mit feuerfestem Tonnengewölbe überdeckten Herdes dieses Ofens wird durch Oeffnungen *x* mit Luft gekühlt. Auf dem Herde wird eine in der Mitte etwa 5 *cm* hohe Schicht zähflüssiger, schwer schmelzbarer Garschlacke *h* muldenförmig ausgebreitet und auf diese werden die Roheisenstücke (250—300 *kg*) aufgebracht. *r* ist der Planrost für die Feuerung, an dessen Stelle auch mitunter ein Treppenrost gewählt wird, wenn man nicht eine Gasfeuerung unter Anwendung von Siemens'schen Regeneratoren vorzieht. Der Rost ist vom Herd durch die Feuerbrücke *b* getrennt, die ebenso wie die Fuchsbrücke *d* aus einem mit feuerfesten Steinen umkleideten, hohlen Gusseisenkasten (Herdeisen, Legeisen) besteht, in dem zur Kühlung Luft oder Wasser circulirt.

Zum Einbringen des Brennstoffes dient das Schürloch *s*; *a* ist der Aschenfall. Die Verbrennungsgase ziehen durch den Fuchs *f* in den Schornstein *e*. Ueber die Fuchsbrücke vermögen die Schlacken in den Fuchs *f* zu treten, an den sich die Schlackenplatte *g* anschliesst. Von der durch einen

Schieber verschliessbaren Arbeitsöffnung *o* aus wird das Umrühren (Puddeln) der geschmolzenen Masse bewirkt, bis der gewünschte Entkohlungsgrad erreicht ist. Das Ofengemäuer ist mit Eisenplatten umkleidet und mit eisernen Ankern *p* aussen armirt. Der Schornstein wird von vier gusseisernen Stützen *t* getragen. Das Tonnengewölbe senkt sich nach der Fuchsbrücke zu, um die Flammen auf das zu schmelzende und zu frischende Roheisen im Herde herabzudrücken.

Die über das schmelzende Roheisen ziehenden Verbrennungsgase, welche überschüssigen Sauerstoff enthalten, bewirken die Oxydation; es verbrennen Silicium und Eisen und es wird durch das Eisenoxyduloxyd der Schlacken sowie durch einen etwaigen Schlackenzusatz die Abscheidung des Kohlenstoffes beschleunigt. Um eine möglichst kräftige Einwirkung der Feuergase und des Schlacken-Eisenoxyduloxydes zu erzielen, wird das Roheisen nach seinem Flüssigwerden mit angewärmten Krücken (Kratzen) tüchtig umgerührt. Da diese Handarbeit des Rührens recht beschwerlich ist, so hat man mechanische, durch Dampfkraft bewegte Puddelstangen construirt, auch rotirende Puddelöfen erfunden, die aus einem liegenden, mit einer feuerfesten Masse von geeigneter Zusammensetzung ausgekleideten Cylinder bestehen, welcher durch eine Dampfmaschine und ein Zahnradgetriebe vor einer Rostfeuerung um seine Achse gedreht wird. (Puddelofen von Danks u. A.)

Sobald an der Oberfläche der geschmolzenen Masse weissglühende Spitzen des sich bildenden Stabeisens erscheinen (Steigen des Eisens), wird mit dem Umrühren aufgehört und unter beständigem Wenden der teigartigen Masse das Eisen mittelst Brechstangen durchgearbeitet, der ganze Satz in Portionen von 30—50 *kg* getheilt, aus diesen Theilen eine Luppe zusammengeballt und diese mittelst Hammer, Quetsch- oder Walzwerke von eingeschlossener Schlacke befreit (gezängt).

Um ein gleichmässig entkohltes, von fremden Bestandtheilen freies Schweisseisen zu erhalten, muss die Temperatur niedrig gehalten werden, weil ein dickflüssiger Zustand die erwünschte Mischung von Schlacke und Eisen mehr fördert als ein dünnflüssiger; auch muss dabei die Dauer der Mischung möglichst verlängert werden. Zum Puddeln kann man sowohl weisses als auch graues Roheisen benutzen. Da letzteres sich — namentlich seines Mangan- und Siliciumgehaltes wegen — nur langsam entkohlen lässt, so ist weisses Roheisen vorzuziehen. Man kann aber auch graues Roheisen für den Frischprocess vorbereiten, indem man es in besonderen Herden und Oefen mit Gebläse bei Coaksfeuerung unter öfterem Umrühren der Masse schmilzt und das geschmolzene Eisen in feuchte Sandformen oder Gusseisenformen leitet. Diese Vorbereitung, die schon beim Herdfrischen erwähnt wurde, nennt man Feinen oder Läutern.

Zur Erleichterung der Phosphor- und Schwefelabscheidung werden oxydirend wirkende oder die basische Beschaffenheit der Schlacke erhöhende und zugleich die Schmelztemperatur derselben erniedrigende Zuschläge gebraucht (z. B. Braunstein oder Bleiglätte gemengt mit Kochsalz und Thon).

Man unterscheidet das Puddeln auf Sehne und das Puddeln auf Korn; bei beiden verläuft der chemische Vorgang im allgemeinen in gleicher Weise, jedoch erhält man im ersten Falle nicht härtbares Eisen mit sehnigem Bruch (gewöhnlich Schmiedeeisen genannt) und im zweiten Falle härtbares Schweisseisen mit körnigem Bruch, zu dem das sogenannte Fein-

korneisen und der Puddelstahl gehören. Beim Puddeln auf Sehne wird das Roheisen im Herde in 6—12 *kg* schweren Stücken pyramidenförmig aufgeschichtet und bei verschlossener Arbeitsöffnung langsam eingeschmolzen und weiter, wie oben beschrieben, behandelt. Beim Puddeln auf Korn wird als Rohstoff ein möglichst phosphor- und schwefelfreies, manganreiches Roheisen (am besten Spiegeleisen oder reines graues Roheisen) benutzt, dieses schneller eingeschmolzen und das Garen unter der Schlacke vorgenommen, um eine zu schnelle Entkohlung zu verhüten. Soll Stahl erzeugt werden, so ist die Arbeit zu unterbrechen, wenn die Entkohlung bis zu einem gewissen Grade fortgeschritten ist.

Der Abbrand (Eisenverlust) wird durch die im voraus beigegebene Schlackenmenge zwar vermindert, beträgt aber trotzdem noch 9—16% und ist beim Puddeln auf Korn am stärksten.

Der Betrieb des Puddelofens wird nur alle 8 oder 14 Tage unterbrochen, um beschädigte Ofentheile auszubessern. Zur Bedienung des Ofens sind 2—3 Mann erforderlich. Der Puddelprocess dauert im Ganzen etwa 1½—2 Stunden (beim Stahlpuddeln noch länger, weil die Arbeit umso mehr verzögert werden muss, je kohlenstoffreicher das Product ausfallen soll).

Beim Zängen findet ein allmäliges Zusammenschweissen statt und es entsteht nach und nach ein Block in Gestalt eines vierseitigen Prismas mit abgestumpften Kanten Ist das Eisen gleichmässig entkohlt, so ist es leicht schweissbar; rohe Stellen aber, die sich durch das Auftreten blauer Flämmchen daselbst als solche kenntlich machen, schweissen schlecht. Fällt die Luppe beim Zängen auseinander, so muss sie nochmals einem Puddelprocess unterworfen werden, doch erhält man hierdurch niemals ein ganz tadelloses Eisen.

Die noch glühende Luppe wird in einem Luppenwalzwerk als Rohschiene ausgewalzt. Die Rohschienen, welche gewöhnlich Flacheisenstäbe darstellen, müssen auf einer gusseisernen Richtplatte mit Holzhämmern gerade gestreckt werden. Sie besitzen ein rauhes, schuppiges, ungleichmässiges Aussehen, sind rissig, unganz und reich an Schlacken, so dass man sie nicht unmittelbar verwenden kann. Man bricht sie nach dem Erkalten unter einer Presse in gleich lange Stücke, sortirt dieselben nach der Beschaffenheit des Bruches (ob sehnig, fein, grobkörnig oder gemischt), verbindet die sortirten Stücke mit Hilfe von Bandeisen zu einem länglich-viereckigen Packet, bringt dasselbe in einen Schweissofen (Flammofen mit ebenem, aus Quarzsand gebildetem Herd) zur Weissglühhitze, verschweisst es dann unter einem Dampfhammer, streckt es unmittelbar darauf in Walzwerken (oder lässt das schweissheisse Packet sogleich durch Walzen gehen) und presst dadurch noch viel Schlacke heraus, dichtet die Masse und macht sie gleichförmiger. Diese Arbeit nennt man Raffiniren des Eisens.

In gleicher Weise wird der rohe Puddelstahl verfeinert und man erhält dadurch den sogenannten **Gärbstahl,** welcher zu Sensen, Sicheln, Messern, Federn, gröberen Werkzeugen, auch zu Tuch- und Schafscheren (daher sein Name »Scherenstahl«) u. s. w. verwendet wird. Man kann aber auch den Schweissstahl dadurch veredeln, dass man ihn in Tiegeln umschmilzt und in Gussstahl umwandelt (vergl. § 163).

3. **Cementstahl.** Unter Cementstahl versteht man den aus reinem Herdfrischeisen oder aus kohlenstoffarmem, möglichst schlackenfreiem Puddeleisen durch Glühen mit grobem Holzkohlenpulver in einem Thonkasten, der

in einem langen Flammofen (sogenannten Cementirofen) etwa 8—10 Tage lang im Glühen erhalten bleibt, unter Luftabschluss hergestellten Stahl. Beim Glühen gehen die entstehenden Kohlenwasserstoffgase in die geöffneten Poren des Eisens über und lagern in ihnen Kohlenstoff ab. Der so erzeugte Stahl zeigt eine von Gasen herrührende blasige Oberfläche (Blasenstahl), sowie auf der Bruchfläche ein grossblätteriges, strahlig angeordnetes Gefüge. Er lässt sich in diesem Zustande nicht verwenden, sondern muss erst wie der Schweissstahl durch Gärben oder besser durch Umschmelzen gedichtet werden. Den vorzüglichsten Cementstahl erhält man aus dem schwedischen Danemoraeisen, dessen feinste Marke weniger als 0·01% Phosphor enthält. Man benutzt den raffinirten Cementstahl, weil er theurer als Schweiss- und Flussstahl ist, hauptsächlich nur zur Herstellung feinerer Werkzeuge, Feilen u. s. w.

Man kann auch fertige Schmiedeeisenstücke in gleicher Weise nur auf eine gewisse Tiefe cementiren oder bei Eisenbahnschienen nur den Kopf cementiren, während der in Sand gepackte Steg und Fuss die Schweisseisenbeschaffenheit behalten, u. s. w. Dieses Verfahren nennt man Einsetzen. Feinkorneisen lässt sich leichter cementiren als sehniges Schmiedeeisen.

§ 162. Erzeugung des Flusseisens.

Unter Flusseisen versteht man das aus dem Roheisen durch Schmelzung und Entkohlung auf dem Wege des Bessemer-, Thomas- oder Martinverfahrens gewonnene Product vom niedrigsten Kohlenstoffgehalt. Das Bessemerverfahren nennt man auch das saure, das Thomasverfahren das basische.

1. Das **Bessemerverfahren.** Das möglichst schwefel- und phosphorfreie Roheisen wird zunächst (gewöhnlich in einem Kupolofen) geschmolzen und dann im geschmolzenen Zustand in eine sogenannte Birne (Converter) eingelassen. Diese Birne (Figuren 282 und 283) besteht aus dickem Eisenblech, beziehungsweise aus Gusseisen, und ist aus 2 Theilen zusammengesetzt. Der untere Theil *M*, ein gusseisernes, beckenförmiges, mit feuerfestem Thon (z. B. mit Thon versetztem Ganister oder Dinasstein, also mit einem sauren Silicat, vergl. § 94) ausgekleidetes Gefäss, enthält die Düsen (Windeinströmungsöffnungen) und den Windkasten und wird mittelst hydraulischer Presse (mittelst des Kolbens *C*) an den untern Rand der aus Eisenblech gefertigten und mit derselben feuerfesten Masse ausgekleideten Retorte *A* angedrückt, worauf mit den Eisenringen *a* und *b*, die durch den Bolzen *c* unter Benutzung eines geeigneten Kittes fest aneinander gepresst werden, ein fester Verschluss bewirkt wird. Um den Retortenboden leicht verschieben zu können, sind die Räder *k* nach allen Seiten beweglich angeordnet. Die 5000—8000 *kg* Roheisen fassende Birne ist in zwei auf einem Gestell *E* ruhenden Zapfen aufgehängt, um welche sie mittelst eines Zahnrades *H* gedreht werden kann, in das eine von dem Kolben einer hydraulischen Presse *p* bewegte Zahnstange *l* eingreift.

Die Gebläseluft strömt aus dem Windleitungsrohr *L* durch die Röhren *o* in den Raum, welcher den Zapfen *d* umgiebt, und tritt durch *e* in den Windkasten *M*, aus welchem sie durch 49—84 Düsen von je 9—12 *mm* Durchmesser in dünnen Strahlen in den Converter geleitet wird. Die den Zapfen *d* umgebende Hülse *m* ruht auf dem Ständer *E* und ist durch eine

Stopfbüchse mit der Röhre *o* gut schliessend verbunden. Das obere Ende *B* des Converters hat die Gestalt eines schiefen Kegelstumpfes und wird Hals genannt.

Beim Einfüllen des geschmolzenen Roheisens wird die durch ein Coaksfeuer bis zur Rothglut erhitzte Birne um etwas mehr als 90° gedreht, so dass das flüssige Eisen nicht in die Düsenöffnungen im Boden eintreten und diese verstopfen kann. Nach beendeter Füllung wird die Birne aufgerichtet und der Wind angelassen, welcher durch eine Gebläsemaschine von 200—250 Pferdestärken so stark eingepresst wird, dass er dem in die Düsenöffnungen eindringenden Eisen genügenden Widerstand leistet und sich in dem Metallbade in feinen Strahlen vertheilt. Durch diese Pressluft wird das flüssige Eisen bald in eine wallende Bewegung gebracht und in der ersten Periode (der Fein- oder Verschlackungsperiode) Silicium, Mangan und ein Theil des Eisens oxydirt, der Graphit in chemisch gebundenen Kohlenstoff übergeführt, ohne dass viel davon verbrennt, und eine aus Eisen- und Manganoxydulsilicat bestehende Schlacke gebildet. Das verbrennende Silicium ruft im Metallbade eine bedeutende Temperaturerhöhung hervor (gegen 2900° *C.*), so dass das Metall flüssig bleibt. Ist die erste Periode beendet (nach 5—6 Minuten), so zeigt sich am Birnenhalse eine spitze, orangegelbe, blaugestreifte und blaugesäumte, leuchtende Flamme. In der zweiten Periode, der Eruptions-, Koch- oder Stahlbildungsperiode, wird aus der flüssigen Eisenmasse der Kohlenstoff durch das Eisenoxyduloxyd der Schlacke zu Kohlenoxyd verbrannt und durch die heftige und reichliche Kohlenoxydgasbildung die Masse zum Aufsteigen (Kochen) gebracht, wobei Schlackenmassen und Eisentheilchen aus dem Halse geschleudert werden, die Flamme allmälig heller (lichter) und länger wird und im Spectrum grüne Streifen zeigt. Diese Periode dauert 6—8 Minuten. In der nun folgenden letzten Periode, Garfrisch- und Entkohlungsperiode, wird das Metallbad ruhiger, die Eruptionen hören auf, die Flamme wird hell und kleiner und zeigt an den Rändern eine violette, grünliche und bläuliche Färbung, der noch rückständige Kohlenstoff wird verbrannt und es stellt sich ein lebhaftes Funkensprühen ein, hervorgerufen durch eine Verbrennung des Eisens. Sobald der Funkenregen aufhört und die Flamme erlischt, was nach etwa 18—20 Minuten vom Beginne des Processes an einzutreten pflegt, ist Schmiedeeisen gebildet. Will man Stahl darstellen, so wird der Wind abgestellt, die Birne geneigt, durch ihren Hals in besonderem Ofen geschmolzenes Spiegeleisen oder Ferromangan (5—12%) eingelassen, dann die Birne wieder aufgerichtet und des besseren Mischens wegen einige Secunden lang Wind durchgeleitet. Durch den Zuschlag von Spiegeleisen oder Ferromangan erhält das Metall den zur Bildung von Stahl erforderlichen Kohlenstoffgehalt und es wird durch das leicht oxydirbare Mangan dem verbrannten Eisen der Sauerstoff entzogen. Dieses Verfahren nennt man Rückkohlung oder englisches. Bei dem schwedischen Verfahren (der älteren Methode) wird mit der Entkohlung in einem genau abzupassenden Augenblick (also vor Beendigung der dritten Periode) aufgehört.

Das Ausgiessen der Birne erfolgt behufs Entfernung von Gasen erst einige Minuten nach beendetem Process und in eine, im Coaksfeuer vorher glühend gemachte Giesspfanne, aus deren im Boden angebrachtem Abstichloch das Flusseisen in die in der Giessgrube stehenden, vier-, acht-

eckigen oder besser runden Eisenformen (Coquillen) fliesst, in welchen es zu Blöcken (Ingots) von 90—700 *kg* Gewicht erstarrt. Diese meist mit zahlreichen Blasenräumen angefüllten Blöcke werden mittelst Hämmer oder Walzen gedichtet.

Das Bessemerverfahren hat vor dem Herdfrischen und Puddeln den Vorzug grosser Kürze, denn während 10.000 *kg* Roheisen durch Herdfrischen in etwa drei Wochen, durch Puddeln in etwa drei Tagen in schmiedbares Eisen übergeführt werden, kann man durch Bessemern dies schon in 15—20 Minuten erreichen.

Es erzeugt 1% verbrennendes Silicium eine Temperaturerhöhung von etwa 300° *C.* Bei grossem Siliciumgehalt des Roheisens steigt demnach die Temperatur in der Birne sehr schnell und veranlasst die Verbrennung des Kohlenstoffes. Beträgt der Siliciumgehalt mehr als 3%, so entsteht eine zu grosse Dünnflüssigkeit, ein sogenannter heisser Gang, und das Silicium wird nicht genügend entfernt; denn sobald der Kohlenstoff verbrennt, tritt eine Verzögerung der Verbrennung des Silicium und Mangan wegen ihrer geringeren Affinität zum Sauerstoff ein. Ein zu geringer Siliciumgehalt erzeugt Dickflüssigkeit, einen sogenannten todten Gang. Um dann eine Verbrennung des Kohlenstoffes zu erreichen, muss eine die Schmelztemperatur des Roheisens (etwa 1200° *C.*) überschreitende Anfangstemperatur (etwa 1300° *C.*) gewählt werden, damit durch den Wärmeeffect des verbrennenden Silicium noch diejenige Temperatur (etwa 1400 *C.*) erzielt wird, bei welcher eine Verbrennung des Kohlenstoffes eintritt. Die Ungleichheit des Silicium lässt sich daher durch die richtige Wahl der Anfangstemperatur ausgleichen.

Man unterscheidet ein englisches, deutsches und schwedisches Bessemerverfahren. Bei dem oben besprochenen englischen Verfahren wird ein siliciumreiches Roheisen (mit mindestens 1·8—2% Silicium) bei einer niedrigen Anfangstemperatur verarbeitet, beim deutschen ein Roheisen mit 1·3—2% Silicium und 1—3% Mangan bei einer hohen Anfangstemperatur, so dass die Feinperiode wegfällt oder nur kurze Zeit beansprucht, beim schwedischen ein siliciumarmes Roheisen (mit 0·8—1·2% Silicium und 0·6—1% Mangan) bei hoher Anfangstemperatur, so dass die Entkohlungsperiode in Wegfall kommt. Auch die amerikanischen Stahlwerke verwenden ein siliciumarmes Roheisen. In neuerer Zeit wird mitunter ein zwischen dem deutschen und dem schwedischen stehendes Verfahren angewendet, bei welchem mit dem Blasen vor vollständiger Entkohlung aufgehört und vor dem Ausgiessen dem Metallbade 1—2% Ferromangan zugesetzt wird.

2. Das **Thomasverfahren.** Beim sauren Verfahren lässt sich nur ein siliciumhaltiges und phosphorreines (saures) Roheisen zu Flusseisen verarbeiten, weil man des Silicums als Hitzeerzeuger bedarf, und weil wegen der kieselsäurereichen, sauren Ausfütterung des Converters der Phosphor beim Bessemern nicht ausgeschieden wird. Durch die Thomas'sche Erfindung, die sich im Wesentlichen von der Bessemer'schen dadurch unterscheidet, dass das Roheisen in einer mit basischem Futter versehenen, das heisst mit einem Gemisch von gebranntem Dolomit und Theer ausgekleideten Birne unter Kalkzusatz geschmolzen wird, ist es möglich geworden, selbst aus einem geringwerthigen, phosphorhaltigen Roheisen phosphorfreies Flusseisen (bezw. Stahl) zu erzeugen. Der Process verläuft beim basischen Verfahren im Allgemeinen ebenso wie beim sauren. In die erhitzte Birne werden 14—16% des Roheisenein-

satzes Kalkzuschläge gebracht, dann wird das geschmolzene, meist 1·5—3% Phosphor, 0—1·5% Silicium und bis zu 4% Mangan enthaltende Roheisen eingegossen und nach dem Aufkippen der Birne das Gebläse in Thätigkeit gesetzt. Wegen des geringen Siliciumgehaltes des Roheisens muss mit einer hohen Temperatur (etwa 1400° *C.*) begonnen werden, bei welcher der Kohlenstoff sofort verbrennt. Ist die Entkohlung beendet (die Flamme über dem Birnenhalse verschwunden), so beginnt die beim Bessemerprocess fehlende Entphosphorungs-Periode. In dieser Periode verschwindet das Silicium fast vollständig, während Mangan und Schwefel nur langsam und in geringerer Menge entweichen. An Stelle des Siliciums tritt der Phosphor als Hitzeerzeuger, dessen Wärmeeffect sich zu dem des Silicium (nach Ehrenwerth) wie etwa 5:8 verhält, so dass unter sonst gleichen Umständen ein Roheisen mit etwa 2·4% Phosphor hinsichtlich der Wärmeentwicklung ebenso gut zu verarbeiten ist, als ein phosphorfreies Roheisen mit etwa 1·5% Silicium. Nach Beendigung der Garfrischperiode wird weiter geblasen (»übergeblasen«) und dadurch eine Verschlackung des Phosphors herbeigeführt.

Der Zusatz von Ferromangan (auf 12.000 *kg* Roheisen etwa 60—80 *kg* Ferromangan mit 80% Mangan) darf erst erfolgen, nachdem aus der umgekippten Birne die in grosser Menge vorhandene Schlacke abgegossen worden ist. Würde man den Zusatz vor Entfernung der Schlacke machen, so würde der Phosphor in das Metallbad zurückgeführt werden. Nach etwa 8 Minuten wird das Metall in die Giesspfanne abgelassen und ihm sodann etwa 10% manganhaltiges Spiegeleisen zugesetzt. Das ganze Verfahren nimmt durchschnittlich etwa 18 Minuten in Anspruch.

Die Schlacke (Thomasschlacke) enthält 30—37% phosphorsauren Kalk und stellt ein vorzügliches Düngemittel dar, welches demgemäss in der Landwirthschaft ausgedehnte Verwendung findet.

Durch die sich bildenden starken Schlackenansätze, die abgestossen werden müssen, leidet die Ausfütterung der Birne namentlich an der Seite, die sich beim Umkippen unten befindet. Um die Haltbarkeit des Futters zu erhöhen, wird diese Seite besonders sorgfältig mit theerreicher basischer Masse ausgestampft oder manganreiches Roheisen zur Flusseisendarstellung benutzt, oder es wird eine Ausbesserung der schadhaften (abgestossenen) Stellen des Futters mit Kalktheer vorgenommen.

Erwähnt mag noch werden, dass A. Krupp in Essen sich ein anderes Entphosphorungsverfahren hat patentiren lassen, bei welchem das geschmolzene Roheisen in einen mit Eisen- und Manganoxyden ausgefütterten, sich drehenden Tellerofen geleitet und dort vor Eintritt der Entkohlungsperiode von seinem Silicium- und Phosphorgehalt befreit wird. Die auf diese Weise entkieselte und entphosphorte Masse wird dann im richtigen Augenblick abgestossen und in den Converter zur vollständigen Entkohlung gebracht.

3. Das **Martin-Siemens-Verfahren.** Zur Erzeugung von schweissbarem Flusseisen oder Flussstahl aus geeigneten flüssigen Roheisen- und Schmiedeeisenzusätzen nach dem Verfahren von Martin dient der Siemens'sche Flammofen mit Regenerativ-Gasfeuerung, dessen neueste Constuction die Figuren 284—288 zeigen. Dieser Ofen besitzt zwei Wechselstrom-Luftgeneratoren A und A^1, über welchen der Generator B angeordnet ist. F und F^1 sind die Füllkästen für die Steinkohlen und N und N^1 die Roste. Der Ofenraum E liegt in nächster Nähe des Generators auf dem Fundamente

(oder über einer Grube). Durch die Canäle *C* und C^1, die durch die Ventile *D* und D^1 ganz geschlossen werden können, werden die Brenngase dem Ofenraum zugeführt. Die Ventile sind auf einem Hebel so befestigt, dass das eine beim Oeffnen des anderen geschlossen und das Gas auf diese Weise durch eine der Eintrittsöffnungen *G* oder G^1 dem Ofenraum *E* zugeführt wird. *H* und H^1 sind die Eintrittsöffnungen für die Verbrennungsluft, welche durch die Canäle *K* und K^1 mit den Regeneratoren *A* und A^1 in Verbindung stehen. *J* und J^1 sind Dampfstrahlgebläse, die in die Oeffnungen *L* und L^1 eingebaut sind und einen Theil der Abgase aus dem Ofen unter die Roste bringen. *J* ist ein Wechselventil zur Umsteuerung der Luft durch einen der Regeneratoren zum Ofenraum und der Abgase durch den anderen Regenerator zum Schornstein. Durch die Drehklappen *O* und O^1 wird der Durchgang der Verbrennungsproducte vom Ofenraum zum Generator verhindert und vermittelt. Diese Drehklappen wirken selbstthätig durch Verbindung mit dem Hebel der Ventile, so dass durch dieselbe Bewegung, durch welche *D* (oder D^1) geschlossen wird, *O* (oder O^1) sich öffnet. *Q* und Q^1 sind Oeffnungen zum Reinigen der Roste.

Der Betrieb des Ofens ist folgender: Das Gas vom Generator *B* geht durch den Canal C^1, das Ventil D^1 und die Oeffnung G^1 in den Verbrennungsraum h^1 g^1; die Verbrennungsluft geht durch den Regenerator A^1, den Canal K^1 und die Oeffnung H^2 in denselben Verbrennungsraum, wo sie das aus dem Generator kommende Gas trifft, und die Verbrennung erfolgt. Die Hufeisenflamme durchzieht den Ofenraum *E* und die Abgase entweichen zum Theil durch den anderen Verbrennungsraum *h g* und gehen weiter, nachdem sie *H* und *K* passirt, durch den Regenerator *A* und das Ventil *J* zum Schornstein, zum Theil abwärts durch die Oeffnung *G*, wohin sie das Dampfstrahlgebläse *J* absaugt, und weiter durch *L* unter die Roste des Generators *B*, wo sie wieder in brennbare Gase verwandelt werden. In gewissen Zwischenräumen wird die Flammenrichtung im Ofenraum durch Umstellung der Ventile *D* und D^1 und durch das Wechselventil *J* in der bei regenerativen Gasöfen gewöhnlichen Weise umgekehrt. Ein Hilfsdampfstrahlgebläse ist ausserdem unter den Rosten angeordnet, um bei Aufnahme des Ofenbetriebes dem Generator die nöthige Luft zuzuführen.*)

Der erste Siemens-Martin-Stahlschmelzofen dieser neuen Construction ist seit October 1890 in Turin in Betrieb und befriedigt in jeder Beziehung; er verbraucht für 1000 *kg* erzeugten Stahl 425—450 *kg* englische Steinkohle, während ein Ofen der älteren Construction für die gleiche Leistung 750—800 *kg* verbrauchte.

Gewöhnlich wird in den Ofen zuerst das Roheisen eingesetzt und geschmolzen, dann werden in kleinen Portionen bei einer die Schmelztemperatur des schmiedbaren Eisens übersteigenden Temperatur vorgewärmte Schmiedeeisenstücke dem Metallbade zugeführt, und es wird dabei letzteres jedes Mal mit eisernen Stangen kräftig umgerührt. Häufig macht man auch noch einen Zusatz von oxydirend wirkenden Erzen, und in England benutzt man zuweilen bei der Darstellung des Martin-Siemens-Verfahrens nur Roheisen, sowie möglichst phosphor- und schwefelfreie Erze; man nennt dann das

*) Siehe: Prof. Hempel, »Der neue Siemens-Ofen mit Regenerirung der Abhitze und Abgase.« Vortrag, gehalten im »Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses« am 2. Februar 1891.

Verfahren Landore-Process, weil es zuerst auf den Landore-Werken in England zur Ausführung gekommen ist. Beim Landore-Processs wird gern ein nordafrikanisches Rotheisenerz (Moctaerz) mit 62% Eisengehalt verarbeitet. Um eine nachträgliche Abkühlung des Metallbades zu verhüten, werden auch Roheisen- und Schmiedeeisenstücke in richtiger Mischung gleichzeitig aufgegeben. Die Roheisenmenge schwankt zwischen 10 und 60% des ganzen Einsatzes je nach der Oxydationswirkung des Ofens, der chemischen Beschaffenheit der Einsatzstoffe und der gewünschten Beschaffenheit des Erzeugnisses. (Satzbeispiel: 1500 *kg* Roheisen, 2000 *kg* Schrott, 4000 *kg* Schienenenden und 1500 *kg* Blechschnitzel.) Während des ganzen Processes soll die Schlacke die Oberfläche des Metallbades stets in mässiger Stärke bedecken; dadurch wird eine zu reiche Bildung von Oxyden, beziehungsweise Aufnahme in das Bad vermieden. Die Schlacke bleibt nach Abfluss der Metallmasse auf der Herdsohle zurück und wird nachträglich abgezogen. Man verwendet sie vielfach für die Hochofen-Möllerung.

Der chemische Vorgang beim Martin-Siemens-Verfahren besteht hauptsächlich nur in einer Auflösung des kohlenstoffärmeren Schmiedeeisens in dem kohlenstoffreichen Roheisen, wobei nur eine geringe Oxydation eintritt. Es erfolgt auch hier eine so starke Entkohlung, dass man dem vollkommen dünnflüssig gewordenen Flussmetall, sobald es die gewünschte Beschaffenheit erlangt hat, wovon man sich durch eine Schöpfprobe überzeugt, vorher erhitztes Ferromangan oder Spiegeleisen (zuweilen auch Siliciumeisen) hinzuzusetzen hat, um den verlangten Kohlenstoffgehalt und eine Desoxydirung zu erzielen. Dann wird das Eisen abgestochen, wobei man das Luftventil etwas schliesst, damit die Flamme weniger oxydirend wirkt. Das Metall wird in einer Sammelpfanne aufgefangen und von dieser in die Gussformen geleitet.

Das Verfahren liefert in kurzer Zeit sehr grosse Massen schmiedbaren Eisens, da der Einsatz sehr gross (bis 25.000 *kg*) gewählt werden kann; es ist theuerer als das Bessemerverfahren, gewährt aber den Vortheil, dass man öfters Proben entnehmen und daher mit grosser Sicherheit Eisen von vorgeschriebenem, beliebigem Kohlenstoffgehalt darstellen, durch Zusatz von Erzen die Schweissbarkeit des Eisens erhöhen und als Schmiedeeisenzusatz Flusseisen- und Stahlabfälle aller Art (Ausschussstücke von Walzen, Alteisen oder Schrott, ausrangirte Eisenbahnschienen, Blechabfälle u. s. w.) verwenden kann. Ausserdem ist das Martin-Siemens-Eisen besser als das Bessemer- und Thomaseisen für den Stahl-Formguss geeignet, weil die aus ihm hergestellten Gussstücke dicht, hart und zähe sind, während die aus den anderen Flussmetallen gefertigten sehr reich an Hohlräumen (Blasen) sind und selbst nach dem sogenannten Dichten unter Hämmern oder Walzen stets unganze, mit Gasen (herrührend von der eingepressten Luft) gefüllte Stellen besitzen.

Die Dauer des Martin-Siemens-Verfahrens beträgt einschliesslich aller Neben- und Ausbesserungsarbeiten 8—10 Stunden, der Abbrand 6—9% (bei Erzzusatz weniger).

Man kann auch mittelst dieses Verfahrens aus phosphorreichem Roheisen gutes schweissbares Flusseisen (beziehungsweise Stahl) herstellen, wenn man den Ofen mit einem basischen Futter versieht; jedoch stellen sich hierbei die Betriebsergebnisse wegen des grösseren Kalkzusatzes und der grösseren Ausbesserungsarbeiten ungünstiger.

§ 163. Andere Stahlsorten.

Ausser dem Renn-, Herdfrisch-, Puddel-, Gärb-, Cement- und Flussstahl, deren Erzeugung im Vorhergehenden erörtert worden ist, sind noch die folgenden Stahlsorten bemerkenswerth:

1. Uchatiusstahl, durch Zusammenschmelzen von 100 Theilen granulirtem, aus Magneteisenerz dargestelltem Roheisen, 24 Theilen geröstetem Spateisenstein und $1^1/_2$ Theilen Braunstein in Graphittiegeln gewonnen, und zwar unter Abschluss der Luft, weil nur der Sauerstoff der Eisenoxyde auf den Kohlenstoff des Roheisens wirken soll. Dieses Verfahren wird neuerdings nur noch in Schweden angewendet.

2. Ostindischer Damast- oder Wootzstahl. Man benutzt hierzu ein durch Rennarbeit erhaltenes, schwach gekohltes Schmiedeeisen, welches hauptsächlich aus Cabul in Afghanistan bezogen wird. Die Eingeborenen Ostindiens erzeugen diesen Stahl aus Stücken jenes zu Stangen ausgeschmiedeten Eisens, welche sie mit 10% Holz oder Blätter kalireicher Pflanzen in kleinen Tiegeln aus ungebranntem Thon, die nach der Füllung oben durch eingestampften Thon verschlossen werden, etwa $2^1/_2$ Stunden lang in einem Ofen bei möglichst niedriger Temperatur erhitzen. Der so erhaltene Stahl wird vor dem Ausschmieden nochmals erhitzt. Behandelt man die geschmiedeten Gegenstände, welche sich durch grosse Zähigkeit und Biegsamkeit auszeichnen, jedoch eine ungleichmässige Stahlbildung besitzen, mit Säuren, so zeigen sie auf der Oberfläche ungleichförmige Adern (Damaszirung), weil die kohlenstoffreicheren Partien von der Säure weniger angegriffen werden als die kohlenstoffärmeren. Diese Eigenschaft behält der Damaststahl auch bei nochmaligem Umschmelzen. Man benutzt diesen Stahl hauptsächlich zur Herstellung von Säbelklingen und Flintenläufen.

Unechten Damaststahl erzeugt man durch Zusammenschweissen von Schmiedeeisen und Stahl in dünnen Lamellen, die nach dem Schweissen durch Recken, Winden, Drehen, nochmaliges Zusammenschweissen u. s. w. dieselben eigenthümlichen Figuren auf der Oberfläche erhalten wie beim echten Damaststahl nach dem Aetzen mit Säure. Auch durch Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen mit 2% Kohle erhält man künstlichen Damaststahl.

3. Wolframstahl, durch Zusammenschmelzen von Stahl- und Wolframeisen oder aus grauem Roheisen und Wolframsäure oder gereinigtem Wolframmineral dargestellt. Er besitzt 1—3% (auch mehr) Wolfram, ist ausserordentlich hart und zähe, widersteht den Angriffen einer guten englischen Feile und dient besonders zur Herstellung von Werkzeugen für die Bearbeitung harter Metalle, zur Anfertigung von Magneten für die Telegraphie u. s. w.

4. Chromstahl. Zu seiner Erzeugung wird Chromeisenstein durch Erhitzen mit Kohle im Tiegel reducirt und diese Chromeisenlegirung (Ferrochrom) mit Schmiedeeisen oder Stahl im Siemens'schen Ofen eingeschmolzen. Dieser Stahl ist sehr elastisch und sehr fest und wird ebenfalls zu Werkzeugen, mit denen sehr harte Gegenstände bearbeitet werden sollen, verwendet, sowie zu Sicherheitsplatten und Sicherheitstäben (z. B. Gefängnissgittern), die aus Schmiedeeisen und Chromstahl bestehen und weder zersägt noch zerbrochen werden können, ferner zu Messerklingen u. s. w. Zu Werk-

zeugen wählt man meistens einen Chromstahl mit 0·3—0·5% Chrom und 1% Kohlenstoff.

5. Silberstahl, Stahl mit 0·2% Silber zusammengeschmolzen; hauptsächlich zu Messerklingen verarbeitet.

6. Nickel- oder Meteorstahl, eine Legierung von Stahl und Nickel.

7. Gussstahl. Dieser homogenste und festeste, daher theuerste und feinste Stahl wird durch Umschmelzen der vorzüglichsten, phosphor- und schwefelfreien Rohstoffe hergestellt. Man benutzt zu seiner Erzeugung namentlich Herdfrisch- oder Puddelstahl, auch wohl mit Zusätzen von Bessemer- und Martinstahl-Abfällen, um dieselben mit Nutzen verwerthen zu können. Sollen aus dem Gussstahl später sehr feine Werkzeuge (Feilen u. s. w.) hergestellt werden, so wählt man auch als Rohstoff den theuren Cementstahl. Um dichte Güsse zu erzielen, setzt man dem Stahl Ferromangan, Spiegeleisen oder Silicumeisen zu, und um eine grosse Härte und Festigkeit zu erhalten, Wolfram- oder Chromeisen-Legierungen. Das Umschmelzen erfolgt in 39—42 *cm* hohen Tiegeln, welche, aus einem Gemenge von feuerfestem Thon, Chamottemehl und Graphit auf einer Töpferscheibe von Hand oder durch Pressen in Formen hergestellt, bis zur lichten Rothglut in einem Glühofen erhitzt, dann in einen Schmelzofen (Schachtofen mit Coaksfeuerung oder Flammofen mit Gasfeuerung) gesetzt, mit den Rohstoffen mit Hilfe eines Eisenblechtrichters gefüllt und hierauf mit einem Deckel verschlossen werden, der eine kleine Oeffnung zum Durchstecken eines Eisendrahtes besitzt, mit welchem während des Schmelzprocesses der Zustand des Metallbades untersucht wird. Das Einsetzen und Füllen der Tiegel, das Umschmelzen des Stahles und das Herausnehmen der Tiegel erfordert bei Schachtöfen mit Coaksfeuerung 5—6 Stunden, bei Flammöfen mit Gasfeuerung etwa 4 Stunden Zeit. Hat die Gasentwicklung aufgehört — ein Zeichen, dass die Schmelzung vollendet ist — so lässt man die Tiegel im Schmelzofen noch einige Zeit lang »abstehen«, um vor dem Gusse alle Oxyde und Gase zu reduciren, beziehungsweise abzuscheiden, dann giesst man den Inhalt mehrerer Tiegel in eine Giesspfanne und aus dieser in die Formen zu Gebrauchsgegenständen (Stahlfaçonguss) oder zu Blöcken (Ingots) von achteckigem oder viereckigem Querschnitt. Die Gussstahl-Ingots werden, um sie in die Stabform zu bringen, nach dem Erstarren wieder hellrothglühend gemacht und dann unter Hämmern oder Walzen ausgereckt. Derartig bearbeiteter Stahl führt den Namen »raffinirter Gussstahl«. — Man benutzt den Gussstahl zur Herstellung von Kanonen, Panzerplatten, Panzerthürmen, Glocken, Schienen, Eisenbahnradreifen (Bandagen, Tyres), Achsen und anderen Theilen von Locomotiven, ferner zu Ankern, Pumpenstangen, Flintenläufen, Werkzeugen u. s. w.

B. Formgebung des Eisens.

§ 164. Vorbemerkung.

Die Roheisenbarren werden durch Umschmelzen und Giessen in Formen in Gusseisen, die Rohstahlstücke auf dieselbe Weise in Gussstahlwaare verwandelt, die Schmiedeeisen-Luppen und -Blöcke nach dem Zängen durch Schweissen, beziehungsweise Schmieden, Walzen oder Drahtziehen in die Form von Stabeisen, Blech oder Draht gebracht oder durch Schweissen, Schmieden

l Pressen zu Schmiede- und Pressstücken verschiedener Gestalt (Schrauben, ttern, Nieten, Ketten u. s. w.) verarbeitet.

§. 165. Giesserei.

Die Giesserei umfasst:

1. das Schmelzen des Metalles,
2. die Herstellung der Gussformen,
3. die Ausführung des Gusses.

Man unterscheidet zwei Betriebsmethoden: den Hochofenguss und 1 Umschmelzbetrieb. Das aus dem Hochofen fliessende Roheisen kann : dann unmittelbar zu Gusswaaren verwendet werden, wenn es die für 1 gewünschten Gegenstand erforderlichen Eigenschaften besitzt. Da aber schiedene Waare verschiedenes Eisen verlangt, so bildet der Hochofen- s die Ausnahme, der Umschmelzbetrieb die Regel, denn bei letzterem in man die für jede Eisenwaaren-Gattung entsprechende Eisenqualität suchen, erforderlichenfalls verschiedene Eisensorten miteinander vermischen ttiren), auch phosphorreiches Eisen zum Guss verwenden, indem man es : phosphorfreiem vermengt, altes Brucheisen verarbeiten u. s. w.

Zur Erzeugung von Gusswaaren verwendet man in der Regel graues ler lichtgraues) Roheisen, das bei einem Kohlenstoffgehalt von 3—3·5% ltener 4%) verhältnissmässig leicht — nämlich bei 1150—1250° *C.* — ssig zu machen, wegen des grösseren Siliciumgehaltes dünnflüssig, ferner nig spröde und mit Schneidewerkzeugen leicht zu bearbeiten ist, eine sse Widerstandsfähigkeit gegen Druck besitzt, sich beim Erkalten ausdehnt l daher Güsse mit scharfen Contouren erzeugt. Weisses Roheisen, welches gen seiner Dickflüssigkeit und weil es sich im Augenblick des Erstarrens ht ausdehnt, weniger scharfe Abgüsse liefert, sich auch mit gewöhnlichen hneidewerkzeugen nicht bearbeiten lässt, da es sehr hart und spröde ist, rwendet man nur zu Gussstücken, die eine grosse Härte erhalten sollen B. zu Hartwalzen und Kanonenkugeln). Das dünnflüssige phosphorhaltige heisen eignet sich zur Herstellung von ordinärem Kunstguss, von dünn- ndigen Gussstücken (sogenanntem Potterieguss) und zu Gegenständen, : keine grosse Festigkeit zu besitzen brauchen.

Im Allgemeinen ist für Giessereizwecke ein Roheisen gut geeignet, ssen Phosphorgehalt unter 1%, dessen Schwefelgehalt unter 0·06%, dessen ingangehalt unter 1%, dessen Siliciumgehalt bis etwa 2% und dessen hlenstoffgehalt etwa 3·5% beträgt. Für Hartguss empfiehlt sich die Ver- ndung eines Roheisens mit 2·7—3·2% Kohlenstoff, 1% Mangan und 5% Silicium, für schmiedbaren Guss eine Mischung von weissem und auem Eisen oder halbirtes Roheisen. Werden dem Roheisen beim Schmelzen Tiegeln 10—25% Schmiedeeisen- oder Stahlspäne hinzugesetzt, so erhält in stahlartigen Guss.

1. Das Schmelzen des Metalles.

Das Umschmelzen des Roheisens erfolgt entweder in Tiegeln (Tiegel- en) oder in Flammöfen oder in Kupolöfen.

Tiegel verwendet man zum Schmelzen kleinerer Metallmengen oder rthvoller Metalle, namentlich wenn Bijouteriewaaren, schmiedbare Guss- icke u. s. w. hergestellt werden sollen oder wenn das Eisen möglichst

unverändert bleiben soll. Da die Tiegel bedeckt werden, so schützen sie das Metall gegen Verunreinigungen und gegen Oxydation durch die Luft. Die Chamotte- oder Graphittiegel werden in besonders construirten Oefen einer hohen Temperatur ausgesetzt. Mit Vortheil verwendet man zur Erzeugung der Glühhitze eine Gasfeuerung mit Regeneratoren. Die gewöhnlichen, mit Holzkohle oder Coaks erhitzten Tiegelöfen bestehen in der Regel aus einem mit Deckel verschlossenen Schacht *A* (Fig. 289), auf dessen Rost *R* der Tiegel *T* mit einem Untersatz aufgesetzt und mit dem glühenden Brennstoff umhüllt wird. Die Verbrennungsgase werden durch einen wagrechten Fuchs *F* in den Schornstein *S* geleitet. Der unter dem Rost liegende Aschenraum ist von einer mit durchbrochener Gussplatte überdeckten Einsteigeöffnung *P* aus zugänglich, durch welche gleichzeitig die zur Verbrennung nothwendige Luftmenge zum Rost gelangt. Um das Einsetzen und Ausheben der Tiegel zu erleichtern, befindet sich der Rost unter dem Boden der Giesshalle und das obere Schachtende nur wenig darüber.

Sollen grössere Metallmassen gleichzeitig in Tiegeln umgeschmolzen werden, so stellt man 4—8 (und mehr) Tiegel auf den Herd eines mit abnehmbarer Decke eingerichteten Flammofens (Tiegelherdofens). Durch Aneinanderreihung mehrerer Oefen lässt sich die Zahl der Tiegel fast beliebig vermehren.

Der Verlust an Eisen beträgt bei dieser Schmelzung durchschnittlich 10%. —

Flammöfen verwendet man nur zum Einschmelzen grosser, schwer zu zerkleinernder Stücke (Kanonenrohre, Walzen u. dergl.) oder wenn man das Eisen absichtlich verändern (z. B. bis zu einem gewissen Grade entkohlen) will. Sie verbrauchen viel Brennstoff (50—90% Steinkohlen oder 100—130% Holz). Ein fernerer Nachtheil der Flammöfen ist die lange Dauer des Umschmelzens und der grosse Verlust an Eisen (durchschnittlich 14%). Sodann lässt sich bei Flammöfen ein ununterbrochener Betrieb nicht einrichten, weil man in ihnen nur ganz bestimmte Eisenmengen auf einmal niederschmelzen kann. Einen Flammofen wird man zweckmässig nur da benutzen, wo roher Brennstoff sehr billig zu erstehen ist; er gewährt den Vortheil, dass das Metall nur mit der Flamme in Berührung kommt, nicht aber mit dem Brennstoff selbst. Die Flammöfen stellen Herdöfen dar, deren Construction im Allgemeinen die in Figur 290 dargestellte ist, jedoch je nach der Menge und Gattung der zu schmelzenden Metalle in mancher Beziehung — so namentlich in der Bildung des Herdes und in der Lage des Abstichloches — Aenderungen erleidet.

Der skizzirte Flammofen besteht aus einem Feuerraum *A*, auf dessen Rost der Brennstoff (Stein- oder Braunkohle, Holz oder Torf u. s. w.) durch eine Seitenthür oder durch einen mit Schieber *s* versehenen Trichter *H* aufgegeben wird. Die Flamme streicht über die Feuerbrücke *a* in den Arbeitsraum B B_1, unter der Decke *b* entlang nach dem Fuchs *F*, aus welchem die Brenngase in den Schornstein *E* entweichen; das auf dem Herde B_1 liegende Metall, welches durch eine Seitenthür eingebracht wurde, kommt durch Einwirkung der Flamme zum Schmelzen, und die flüssige Masse sammelt sich in einem Sumpf *B*, welcher im vorderen Theile des Arbeitsraumes angeordnet ist und an seiner tiefsten Stelle die Abstichöffnung besitzt, die nach der einen Seite hin ausläuft. Die sich etwa bildende

Schlacke fliesst über den schrägen Fuchs *F* nach dem (12—25 *m* hohen) Schornstein *E* ab, wo sie entfernt werden kann. Zur Beobachtung des Feuers dient die Oeffnung *o*, zur Beobachtung des Schmelzprocesses die Oeffnung *p*, zur Beobachtung der Temperatur die Oeffnung *d*. Die zur Verbrennung nöthige Luftmenge wird durch den Zug des Schornsteines, mitunter auch durch Exhaustoren oder Ventilatoren, entweder durch den Rost allein oder auch noch durch eine Oeffnung über dem Feuer dem Brennstoff zugeführt.

In neuerer Zeit werden auch Flammöfen mit Gasfeuerung zum Umschmelzen des Roheisens benutzt; das Gas wird hierbei entweder in Siemens'schen Generatoren erzeugt oder vom Hochofen u. s. w. abgefangen und häufig in Regeneratoren vorgewärmt.

Kupolöfen werden am meisten gebraucht, weil sie sich continuirlich betreiben lassen, den Schmelzprocess am billigsten gestalten, im Durchschnitt nur 8% Eisenverlust ergeben und einen einfachen Betrieb besitzen. Diese Oefen haben jedoch den Nachtheil, dass in das Eisen beim Schmelzen schädliche Bestandtheile (z. B. Schwefel) aus dem Brennstoff gelangen können. Als Brennstoff dient vorzugsweise Coaks oder Holzkohle; von ersterem gebraucht man auf 100 *kg* Eisen etwa 10—15 *kg*, von letzterer 30—40 *kg*.

Der in Figur 291 dargestellte Ireland'sche Kupolofen besteht aus einem, aus feuerfesten Stoffen hergestellten, mit eisernem, cylindrischem oder vieleckigem Mantel umhüllten, 0·47—1·83 *m* weiten und meist 2—6 *m* hohen, in der Windzone etwas zusammengezogenen Schacht *A* mit einer Thür *B* zum Eintragen der Roheisenstücke und des Brennstoffes und einem Boden *C*, auf dem sich das geschmolzene Metall ansammelt und durch das Stichloch *f* zum Abfluss gelangt. Der Schacht ruht auf einer Gussplatte *P*, welche auf einem gemauerten Fundament gelagert ist und so hoch liegt, dass ein Gefäss untergestellt werden kann. Der Wind wird durch ein Rohr *a* und den Windkasten *c* in die Düsen *d* und *e* mittelst Gebläses (Ventilators) gepresst und erzeugt kurz über der oberen Düsenreihe die grösste Hitze. Bei der Inbetriebsetzung werden bei geöffnetem Stichloch zunächst glühende Kohlen eingeschüttet und durch das angelassene Gebläse in Brand gehalten, hierauf werden Roheisen und Brennstoff in abwechselnden Schichten aufgegeben und endlich wird das Stichloch mit Lehm verschlossen, sobald sich an demselben die ersten Metalltropfen zeigen. Soll das geschmolzene Metall abgestochen werden, so wird das Stichloch mit einer spitzen Eisenstange geöffnet.

In Figur 292 ist die neueste Construction des Krigar'schen Kupolofens veranschaulicht, welche sich von der vorerwähnten hauptsächlich durch die Anlage eines besonderen Sammelbehälters *A* unterscheidet und auszeichnet. Der Ofenboden *f* liegt hier frei und ist in Scharnieren drehbar. Nach vollendeter Schmelzung wird er durch Zurückziehen der Riegel so gekippt, dass die Asche u. s. w. in ein untergestelltes Gefäss (Wagen) fallen muss. Die geschmolzene Metallmasse fliesst bis zum Schlitze *b*, gelangt durch diesen in den Sammelbehälter *A* und durch das Stichloch *e* zum Abfluss, während sich die Schlacke in verschiedener Höhe durch die Stiche *c c* entfernen lässt. Zur Beobachtung und Reinigung des Schlitzes *b* dient die Oeffnung *d*. Die Gebläseluft tritt in einen Windring *w* ein, wird in dem-

selben etwas vorgewärmt und tritt durch breite Schlitze *a a* in den Schachtfuss.

Noch zu erwähnen ist der Herbertz'sche Kupolofen, bei welchem die Gase durch ein Dampfstrahlgebläse abgesaugt werden und dadurch die Luft unten durch einen offenen Schlitz in den Schacht gesaugt wird.

2. Die Herstellung der Gussformen (Formerei).*)

Nach dem Stoff, aus welchem die Gussformen bestehen, unterscheidet man: Sandguss, Masseguss, Lehmguss und Hart- oder Schalenguss, nach der Einrichtung der Formen: Guss in offenen und in geschlossenen Formen.

Zur Herstellung der Formen ist wegen der hohen Temperatur des einfliessenden Metalles ein feuerbeständiger, gegen Druck und gegen Treiben des Metalles genügend widerstandsfähiger, ferner ein gut bildsamer und Gase sowie Feuchtigkeit leicht durchlassender (poröser) Stoff zu wählen, welcher mindestens einen Guss auszuhalten vermag, die Form scharf wiedergiebt und ein geringes Wärmeleitungsvermögen besitzt (einige Fälle, z. B. Hartguss, ausgenommen). Als geeigneter Stoff gilt Quarzsand mit 5—10% Thon (magerer und grüner Sand), Masse (d. i. Quarzsand mit 15 und mehr Procent Thon), Lehm (unreiner, sandiger Thon) und für Hartguss Gusseisen. Magerer Sand besitzt nur im leicht angefeuchteten und festgestampften Zustande eine genügende Bildsamkeit und Festigkeit; bei zu stark angefeuchteten Formen wird das Eisen abgeschreckt und erhält in Folge schnellen Erstarrens einer dünnen Kruste an der feuchten Formwand eine harte Gusshaut, welche erst mit dem Meissel beseitigt werden muss, um das Gussstück mit einer Feile bearbeiten zu können. Will man ein möglichst weiches Gussstück erhalten, so verwendet man zur Herstellung der Formen fetten (stark thonhaltigen) Sand (»Masse«), der nur in vollkommen trockenem Zustande fest und plastisch ist. Solche Formen müssen jedoch vor dem Eingiessen des Eisens in besonderen Trockenkammern getrocknet werden. Die Masse wird vor dem Gebrauch gebrannt, gepocht, gesiebt und angefeuchtet. Für grosse Gussstücke benutzt man Formen aus Lehm. Da der Lehm beim Austrocknen rissig wird, so vermengt man ihn mit Pferdedünger oder besser mit Kuhmist oder gehackten Kälberhaaren, auch wohl der Billigkeit halber mit Torfmehl, Gerberlohe oder Spreu; diese organischen Stoffe werden schon beim Scharftrocknen der Form stark zerstört und es bilden sich dadurch in der Lehmmasse zahlreiche Poren, durch welche die beim Giessen sich entwickelnden Gase und Dämpfe entweichen können.

Der Formsand wird auf Kollergängen, Pochwerken oder Mahlgängen gefeint, mittelst Siebe sortirt, dann angenässt und hierauf mit 10—12% Kohlenmehl (Steinkohlen-, Graphit-, Holzkohlen- oder Coakspulver) sorgfältig vermischt, um die Form möglichst durchlässig zu gestalten und das Anbacken des Sandes an das Eisen zu verhindern. Zu dem gleichen Zwecke überzieht man die Form auch noch mit einem Graphitbrei oder bepudert sie mit Graphitstaub.

Die aus solchen plastischen Stoffen gebildeten Formen nennt man einmalige oder verlorene, weil sie nur einmal verwendet werden können. Mehrfach benutzbare, beständige oder bleibende Formen fertigt man in der Eisengiesserei aus Metall.

*) Siehe Hoyer, a. a. O., S. 85—111.

Für Gusswaaren mit sehr harter (abgeschreckter) Oberfläche (Hartguss) werden meistens gusseiserne, aber auch kupferne Formen benutzt (Schalen oder Coquillen). Für gewisse Zwecke kommen auch Formen zur Verwendung, die aus einer Vereinigung von verlorenen und bleibenden Formen bestehen.

Die Formen werden meistens nach (gewöhnlich zerlegbaren) Modellen aus Holz (namentlich Nadelholz, Erlen-, Rosskastanien- oder Mahagoniholz) oder aus Metall (Eisen, Bronze, Messing, Zink und Hartblei) hergestellt oder mit hölzernen und meist mit Eisen beschlagenen oder ganz aus Eisen gefertigten, dem gewünschten Profil entsprechend ausgeschnittenen, um eine Achse drehbar eingerichteten und Drehungsflächen bildenden Schablonen angefertigt, wenn nämlich das Gussstück einen Umdrehungskörper darstellen oder so gebildet werden soll, dass man seine Gestalt durch Führung der Profillinie an einer Leitcurve entlang entwickeln kann. Figur 293 veranschaulicht eine Schablone, mit welcher man im Herd formen kann. In einer tief unter der Herdfläche verankerten Grundplatte *a* ist die Achse (Spindel) drehbar angeordnet, welche den Schablonenhalter *c* trägt, dessen Höhenlage durch den Ring *d* und die Schraube *e* geregelt werden kann. Die Schablone *g* ist mit mehreren Schraubbolzen an einem Schlitten *f* befestigt, der auf der oberen Führung des Schablonenhalters gleitet. Um eine unbeabsichtigte Verschiebung nach erfolgtem Einstellen zu verhüten, wird noch die am Schlitten sitzende Klemmschraube angezogen. Beim Formen von Rädern wird zur genauen Verlegung der erforderlichen Kerne noch eine Theilschraube angebracht. Zunächst wird im Sand des Unterkastens das Modell für den Oberkasten hergestellt, dann der Oberkasten daraufgestellt und vollgeformt, hierauf werden Oberkasten und Sandmodell entfernt und endlich wird die Unterhälfte der Form unmittelbar im Lehm oder Sand ausgedreht.

Um den Modellen eine möglichst glatte Oberfläche zu geben und das Anhaften von Sand beim Herausnehmen der Modelle aus demselben zu verhüten,. werden sie mit einem Schellacküberzug versehen. Die Metallmodelle werden nach einem Holz-, Gyps- oder Wachsmodell gegossen oder, um ihr Gewicht möglichst zu verringern, aus Blech getrieben, gestanzt und auf der Drehbank gedrückt, sowie sauber abgefeilt, geschliffen, ciselirt u. s. w.

Etwaige Verzierungen (Namen, Zahlen u. s. w.) werden besonders angefertigt und auf die Modelle aufgenagelt oder aufgeschraubt. Um bei Holzmodellen ein Werfen nach Möglichkeit zu verhindern, werden dieselben aus einzelnen Stücken derart zusammengesetzt, dass die Richtung der Holzfaser möglichst oft wechselt, jedoch thunlichst mit der Hauptabmessung des Modelles zusammenfällt. (Vergl. Hoyer, a. a. O., S. 86 und 87.)

Damit sich das Modell aus dem Sand bequem herausnehmen lässt, muss es mehrtheilig gemacht werden. Für die Dauer der Bearbeitung des Modelles wird beim Zusammenleimen der einzelnen Stücke zwischen dieselben Papier gelegt, welches nach Fertigstellung des Modelles durch Eintreiben eines Stechbeitels aufgerissen wird, wodurch die Trennung der Modelltheile erfolgt.

Derartig zusammengesetzte Modelle lassen sich leicht durch Spalten in die einzelnen Stücke wieder trennen. Zur Verhütung der Verschiebung einzelner Theile beim Einformen benutzt man kleine, unregelmässig versetzte Dübel,

Soll das Gussstück Hohlräume erhalten, so werden in die Form Kernstücke eingesetzt, welche in besonderen Kernkästen angefertigt werden. (Siehe weiter unten.)

Die Form kann ausschliesslich durch Handarbeit hergestellt werden, jedoch hat man auch besondere Formmaschinen gebaut, von denen später noch die Rede sein wird.

Man unterscheidet offene und geschlossene Formen. Erstere bestehen gewöhnlich nur aus einem einzigen Stück und liegen mit ihrer oberen Seite frei. Die geschlossenen Formen besitzen oben nur kleine Oeffnungen zum Eingiessen des Metalls (Einguss) und zum Entweichen der Luft und Gase (Windpfeifen); sie werden aus zwei oder mehreren Theilen zusammengesetzt und in besonderen, meist gusseisernen und in mehrere Theile zerlegbaren Formkästen hergestellt. Kleinere Masse- und Lehmformen, die transportirt werden können, trocknet man in Trockenkammern (Darren), grössere an Ort und Stelle des Gusses mittelst besonderer Heizvorrichtungen.

Damit der fertige Gegenstand die gewünschte Gestalt erhält, müssen die Abmessungen des hohlen Raumes der Form um das Schwindmaass des Gussmetalles grösser gewählt werden als die verlangten. Das lineare Schwindmaass beträgt beim Gusseisen im Durchschnitt $^1/_{97}$ und beim Gussstahl $^1/_{50}$—$^1/_{72}$; das kubische Schwindmaass kann genau genug gleich dem Dreifachen des linearen angenommen werden. Da im Gussstück die Massen oft sehr ungleich vertheilt sind, so tritt auch beim Erstarren des Eisens oft ein ungleichförmiges Schwinden ein, welches eine Gestaltsveränderung, ein Werfen und Verziehen, oft sogar auch ein Reissen einzelner Theile (z. B. der geraden Arme einer Riemenscheibe) hervorruft. Durch Freilegung der dickeren Theile des Gussstückes, unmittelbar nach dem Erstarren, lassen sich oft die durch ungleiches Schwinden auftretenden Spannungen im Gussstück verringern.

a) *Sandformerei.*

Das Formen in magerem Sand ist billig und schnell ausführbar, weil das Austrocknen der Form wegfällt. Man theilt die Sandformerei ein in: Herd-, Kasten- und vereinigte Herd- und Kasten-Formerei.

α) Herdformerei. Sie ist nur für flache Gegenstände anwendbar.

Bei der Herstellung offener Formen wird der Boden der Giesshütte aufgelockert und mit Formsand etwa 2—3 *cm* hoch besiebt. Die Oberfläche des letzteren wird mittelst Richtscheites und Wasserwage eingeebnet, dann das Modell aufgelegt, mit einem Holzhammer eingeklopft, so dass seine Oberfläche wagerecht liegt, und mit Hilfe verschiedener eiserner Stampfen mit Sand fest umstampft. Nach dem Herausnehmen des Modelles werden etwa nothwendig gewordene Ausbesserungen vorgenommen und mittelst Streichbrettchen wird die Oberfläche der Form geglättet. Dieses Verfahren ist jedoch nur bei dünnen oder gitterartig durchbrochenen Modellen anwendbar, bei denen der verdrängte Sand zur Seite ausweichen kann; dickere, undurchbrochene Modelle werden zur Erhaltung der Durchlässigkeit des Sandes und zur Vermeidung von Blasen in dem Gussstück nur zur Hälfte in den Sand eingeklopft und dann wieder herausgenommen, worauf man den Sand dem Abdruck entsprechend herausgräbt. Nun wird das Modell ganz eingedrückt, um die volle Höhe der Form zu erhalten. Oder man dämmt das nur halb eingedrückte Modell seitlich mit Sand ein. Von einer oder mehreren Stellen der Form aus stellt man im Sand eine Rinne her, die das geschmolzene

Metall der Form zuführt (Einguss). Nach Vollendung der Form wird der Guss vorgenommen. Das Gussstück zeigt bei Anwendung offener Formen auf seiner Oberfläche ein runzeliges, rauhes und löcheriges Aussehen und stark abgerundete Kanten. Solche Herdformen eignen sich deshalb nur zur Herstellung ganz roher Baugusswaare (z. B. Ofenplatten).

Um eine glatte Oberfläche des Gussstückes zu erhalten, wird die Herdform mit einer unterwärts mit Lehm bestrichenen Gusseisenplatte *g* bedeckt, die auf ausserhalb im Sand eingebetteten (in Fig. 294 durch punktirte Linien dargestellten) Leisten *l* aufruht und zur Verhinderung des Abhebens beim Eingiessen mit Eisenbarren *b* belastet wird. Die Leisten *a*, welche im Gussstück Falze erzeugen, bestehen aus mit Lehmwasser oder Graphit überzogenen Schmiedeeisenstäben. Das geschmolzene Metall wird in *e* eingegossen; *k* ist der Canal zur Abführung der Gase und Dämpfe. Um letztere besser zum Entweichen zu bringen und einen blasigen Guss zu vermeiden, wird mit langer (gerader oder krummer) Nadel *n* von allen Seiten her in die Form eingestochen; mitunter werden auch unter der Form Strohseile so durchgezogen, dass ihre Enden seitlich aus dem Sand herausragen.

Soll das Gussstück Vertiefungen oder kleine Löcher erhalten, so muss man, um ein Abbrechen der Sandtheilchen an diesen Stellen der Form beim Abheben des Modelles oder beim Vergiessen des Metalles zu verhüten, entsprechend gestaltete Kernstücke aus fettem Sande oder aus Eisenstiften, die mit Lehm des Ablösens wegen bestrichen werden, in die Form einsetzen. Die Stellen, an welchen die Kerne anzubringen sind, werden im Modell durch Erhöhungen (Kernmarken) bezeichnet, die sich in den Sand eindrücken. Zur Bildung von Nuten, Falzen und anderen Vertiefungen auf der Oberseite des Gussstückes werden bei offenem Herdguss die Kernstücke mit den Enden auf die Ränder der Form gelegt (Leisteisen), mitunter werden sie auch auf eine Stange aufgespiesst und in der Schwebe gehalten.

β) Kastenformerei. Dieselbe ist sowohl für flache als auch für runde Gussstücke anwendbar.

Die Sandform wird hier in einem metallenen oder hölzernen Formkasten (Flasche oder Lade) von meist viereckiger Gestalt hergestellt. (Hölzerne Formkästen sind gegen Werfen und Verziehen durch eingeschobene Leisten u. s. w. zu schützen.) Die Formkästen bestehen selbst bei flachen Gussstücken aus zwei Theilen, einem Ober- und Unterkasten, die aufeinandergesetzt und mit aussen angebrachten Zapfen mit Leisten, drehbaren Haken und Ringen, Vorreibern oder Schraubzwingen fest und unverrückbar zusammengehalten werden. Besitzen die Gegenstände eine complicirtere Gestalt, so wird der Kasten aus drei oder mehreren Theilen zusammengesetzt. Die Theile besitzen keinen festen Boden, stellen vielmehr oben und unten offene Rahmen dar, damit der Sand auf das Modell gedrückt werden kann. Diese Rahmen müssen beim Einformen zeitweilig durch Deckel (Formbretter) verschlossen werden. Die Formkästen erhalten an ihren Innenseiten vorspringende Rippen (Sandleisten) oder Aushöhlungen, bei grösseren Abmessungen auch noch Längen- und Querrippen, die auf die Sandleisten gelegt oder fest sitzend angeordnet werden; diese Vorrichtungen sind nothwendig, um die Sandform mit dem Kasten transportiren zu können. Kleinere Formkästen werden vom Arbeiter getragen, grössere mittelst Ketten und Krahnes u. s. w. bewegt und zu diesem Zweck mit Hängen u. s. w. zum

Einhaken der Ketten versehen. Die zwischen dem Formkasten und dem Modell verbleibende Sandschicht soll an ihrer dünnsten Stelle etwa 4 *cm* messen; hiernach sind die Abmessungen des Formkastens zu bestimmen. Um Formsand zu sparen und möglichst schnell einformen zu können, empfiehlt es sich die Formkästen dem Gussstück entsprechend so zu gestalten, dass die Sandschicht an allen Stellen dieselbe Dicke besitzt. Das Einformen wird auf einem meist drehbar eingerichteten Tisch und nur bei sehr grossen Formen unmittelbar auf der Hüttensohle vorgenommen. Die Eingussöffnung des Kastens wird durch einen Canal (Giessloch) mit der Form verbunden, und es werden zur Aufnahme der Windcanäle noch kleine Oeffnungen — am besten an den Berührungspunkten zweier Kastentheile — hergestellt. Ist der Einguss in der Fuge des Formkastens angeordnet, so wird der Kasten hochkantig mit seiner Eingussöffnung nach oben gestellt, damit sich das einfliessende Metall vertical verbreiten und durch sein Gewicht eine bessere Ausfüllung der Form bewirken kann.

Sind **flache** Gegenstände in Kästen zu formen, so wird das Modell *M* (Fig. 295) mit seiner flachen Seite auf das Formbrett *B* gelegt, das auf seinen Leisten auf dem Formtische ruht, der Unterkasten *U* übergestülpt, mit Sand gefüllt, das Modell mit diesem sorgfältig umstampft, die überflüssige Sandmasse abgestrichen, dann auf den Unterkasten ein Formbrett gelegt, der Kasten umgekehrt, das Formbrett *B* fortgenommen, der Oberkasten *O* aufgesetzt, mit Sand gefüllt, dann wieder abgehoben und das Modell herausgenommen; hierauf wird die Form, wenn nöthig, ausgebessert und dann mit Kohlenstaub geschwärzt, endlich wird der mit Einguss und Windpfeifen ausgestattete Oberkasten wieder aufgesetzt, worauf der Guss vorgenommen werden kann. Um ein Anhaften der beiden Sandmassen des Ober- und Unterkastens beim Abheben des ersteren zu verhindern, wird die Oberfläche der Sandmasse des Unterkastens mit Ziegel oder trockenem Scheidesand (rundkörnigem Seesand) gepudert. Das beschriebene Verfahren wird angewandt zur Herstellung von Stirn- und Kegelrädern, Riemenscheiben mit Durchbrechungen zwischen den Speichen und in der Nabe, zu Gegenständen, die auf einer oder auf beiden Seiten flach vertieft oder durchbrochen sind u. s. w.

Beim Einformen von **runden** Gegenständen, die keine Höhlungen oder Vertiefungen besitzen, wird der erste Theil des zerschnittenen Modelles mit der Schnittfläche auf das Formbrett gelegt, der dazu passende Kastentheil übergestülpt, mit Sand gefüllt, mit dem Modell umgekehrt, der nächstfolgende Modelltheil aufgesetzt, mittelst Dübel genau gerichtet, ein zweiter Formkasten darübergesetzt, mit Sand gefüllt, und so fort, bis sämmtliche Modelltheile eingeformt sind. Man braucht also so viele Formkästen, als Modelltheile vorhanden sind. In Figur 296 ist das Einformen einer massiven Kugel veranschaulicht. In dieser Weise werden alle massiven Umdrehungskörper (z. B. auch Ringe) und alle prismatischen und pyramidenförmigen Gegenstände mit ebenen Begrenzungsflächen eingeformt. Bei den Umdrehungskörpern geht der Schnitt durch die Achse, bei den übrigen entweder durch zwei passende Kanten oder durch eine Kante und eine Fläche. Zeigen die Gegenstände reicher entwickelte Formen (wie z. B. Statuen, Figuren), so werden von einzelnen Modelltheilen besondere Abdrücke (falsche Kerne oder Kernstücke) aus fettem Sand oder Lehm angefertigt und diese in die Form eingesetzt. Selbst bei sorgfältigstem Einformen lassen sich Verletzungen

der scharfen Ränder durch Abbröckeln von Sand nicht vermeiden; daher erhält das Gussstück sogenannte Gussnähte, welche später beseitigt werden müssen.

Besitzt ein Modell derartige Höhlungen oder Vertiefungen, dass der dieselben ausfüllende Sandkörper beim Herausnehmen des Modelles abgerissen wird, so hat man für die Höhlungen u. s. w. besondere Kerne herzustellen und diese an den entsprechenden Stellen der Form einzuschalten. Beim Einformen von runden hohlen Gegenständen benöthigt man also einer Hohlform für die äussere Gestalt der Gussstücke, und einer Vollform (eines Kernes) für die innere Gestalt derselben. Letztere wird meistens aus Lehm und oft hohl hergestellt, um Trockenrisse möglichst zu vermeiden.

Um Sandformen herzustellen, benutzt man **Formmaschinen** verschiedener Construction, wenn es sich um die Anfertigung einer grossen Zahl gleicher Gussstücke handelt, z. B. um Röhren, Zahnräder u. s. w. oder um Gegenstände für Massenproduction (Schlüssel, Thürdrücker u. s. w). Diese Formmaschinen ersetzen entweder die Handarbeit des Sandsteinstampfens und des Modellaushebens oder sie ersetzen das Modell, indem sie die Form mit Hilfe einer Schablone erzeugen. Eine vielfach verwendete Formmaschine stellt Figur 297 dar. Die zweiseitige, im Rahmen *a* eingelassene Modellplatte ist in Zapfen drehbar, deren Lager von Spindeln *b* getragen werden, welche sich in den Säulen *c c* auf- und niederbewegen lassen, mittelst des Handhebels *d*, durch den die Welle *e* und das Schneckenrad *f* gedreht werden. Beim Einformen wird die Modellplatte genau wagerecht eingestellt und durch Anziehen von Klemmschrauben in dieser Lage festgehalten, dann wird auf sie ein Formkasten *F* aufgesetzt und dieser mit ihr durch Splintbolzen und Vorreiber fest verbunden. Nachdem der Formkasten mit Sand vollgestampft ist, wird die Modellplatte durch Drehung des Hebels mit dem Kasten in die Höhe gehoben, um beim Umwenden des Kastens nirgends anzustossen, dann werden die Klemmschrauben gelöst, hierauf der Kasten umgekehrt und so lange gesenkt, bis seine Rückenfläche auf dem Tisch *h* ruht, alsdann werden die Bolzen gelöst, darauf mittelst Hebels die Formplatte wieder in die Höhe gehoben und der Tisch *h* mit dem Formkasten auf *i* seitlich verschoben, alsdann die Formplatte horizontal fest eingespannt, der zweite Formkasten aufgesetzt und das Verfahren wiederholt.

b) Masseformerei.

Sie wird ganz in derselben Weise wie die Sandformerei ausgeführt und besonders bei Kunstguss angewendet. Da die Formen in Trockenkammern getrocknet werden müssen, so können die Formkästen nicht aus Holz hergestellt werden.

Grosse Gussstücke (z. B. Röhren, Kanonen, Gebläsecylinder u. s. w.) werden gewöhnlich in einer Vertiefung des Herdes (Dammgrube, Giessgrube) geformt, und es wird diese zum Austrocknen eingerichtet, indem man z. B. in sie kleine Gitteröfen aufstellt und mit Coaksfeuerung versieht oder warme Luft einbläst.

c) Lehmformerei.

Die Lehmformerei verursacht grosse Kosten. Aus diesem Grunde beschränkt man sie gewöhnlich auf die Herstellung sehr grosser hohler Gussstücke (wie z. B. Dampf- und Gebläsecylinder, Pumpen, Glocken, Kessel,

Statuen); für massive Gegenstände wird die Lehmformerei fast niemals angewendet. Zur Erläuterung des hierbei einzuschlagenden Verfahrens möge (nach Hoyer, a. a. O., S. 107) das Einformen eines grossen Cylinders (Fig. 298) besprochen werden. Auf einer Gusseisenplatte *G* wird der Kern *K* aus Ziegelmauerwerk oder Lehmpisé, der Gestalt des Gussstückes annähernd entsprechend, jedoch kleiner, aufgeführt und auf die äussere Seite desselben Lehm (vermischt mit Kälberhaaren, Kuh- oder Pferdemist u. s. w.) schichtweise aufgetragen, wobei jede Schicht austrocknen muss. Die letzte Schicht wird mit Hilfe einer, um eine im Ständer *H* gelagerte Stange *A* sich drehenden Schablone *B* abgedreht, worauf die Vollform für die innere Gestalt des Cylinders vollendet ist. Nunmehr wird die Hohlform für die äussere Gestalt des Cylinders, das sogenannte Hemd, angefertigt, und zwar in der Weise, dass zunächst die Kernoberfläche mit einer Scheidemasse (gesiebte Holz- oder Torfasche mit Wasser oder feiner Sand, Ziegelmehl, Kohlenpulver u. s. w.) überzogen und dann schichtweise Lehm bis zu solcher Dicke aufgetragen wird, dass nach dem Abdrehen der letzten Schicht mittelst einer zweiten Schablone *E* das Hemd der Grösse und Form des Gussstückes entspricht. Nachdem das Hemd ebenfalls mit Scheidemasse bestrichen worden ist, wird über demselben der sogenannte Mantel hergestellt, indem man wiederum das Hemd schichtweise mit Lehm bis zu einer Stärke von 3—5 *cm* überzieht. Um den für das Eingiessen des Metalles erforderlichen Hohlraum zu erhalten, muss nach dem Austrocknen des Mantels das Hemd beseitigt werden, was durch Zerschneiden des Mantels mit scharfem Messer und seitliches Abnehmen oder Ausheben des Mantels, sowie durch Zerschneiden und stückweises Herausnehmen des Hemdes geschieht. Nachdem der Mantel wieder in die Form eingesetzt und nöthigenfalls durch herumgelegte eiserne Bänder gegen Zerreissen und Abheben während des Gusses geschützt worden ist, wird das Ganze bei etwa 250° *C.* in einer Darrkammer getrocknet, dann die Decke mit den Windpfeifen *O* und dem Einguss *R* hergestellt und die ganze Form mittelst Eisenreifen u. s. w. armirt. Dann ist die Form zum Guss fertig.

Das hier geschilderte Verfahren erfährt je nach der äusseren Gestalt mannigfache Abänderungen, deren Besprechung hier zu weit führen würde; erwähnt mag aber werden, dass man bei Glocken den Mantel in einem Stück abheben und bei sehr grossen Gussstücken oft die Anfertigung des Hemdes ersparen kann, wenn sich nämlich der Mantel von innen her darstellen und der für sich geformte Kern in den Mantel einsenken lässt.

Zur Vermeidung eines sogenannten Kaltgusses (vergl. Eingiessen), sowie der Verunreinigung des Gussstückes mit Schlacken, wendet man bei Voll- und Hohlcylindern den Tangentialguss an, d. h. man führt neben der Form eine Gussröhre *R* (Fig. 298) nach abwärts und lässt sie an der tiefsten Stelle der Form einmünden, damit das einfliessende Metall in der Form von unten auf in die Höhe steigen, Schlacken- und Aschentheile vor sich her und durch Wirbelbewegung nach der Mitte treiben kann und alle Verunreinigungen sich auf dem Giesskopf ansammeln.

d) Hart- oder Schalenguss; bleibende Formen.

Die Ausführung des Hartgusses erfolgt in metallenen (gusseisernen, kupfernen u. s. w.) Schalen (Coquillen), welche die Wärme schnell ableiten und die äussere Schicht des Gussstückes also schnell abkühlen, wodurch sie weiss und hart wird (Schalenguss). Da diese Metallformen eine grosse Zahl

von Abgüssen aushalten können, so gehören sie zu den sogenannten bleibenden Formen.

Die einfachste Metallform, welche zum Giessen von Stäben und Platten dient, nennt man Einguss. Der Stabeinguss besteht aus einem quadratischen Eisenstab, dessen Oberfläche eine rinnenförmige, jedoch an beiden Enden verschlossene Vertiefung besitzt (offener Einguss), oder aus einer Eisenröhre mit kreisrundem, quadratischem, rechteckigem oder vieleckigem Querschnitt mit einer trichterförmigen Erweiterung am einen Ende, einer schwachen Verjüngung der ganzen Länge nach, und einem mittelst Eisenstöpsel bewirkten Verschluss am anderen Ende (Rohreinguss), während der Platteneinguss aus zwei, während des Gusses durch Schrauben zusammengehaltenen Eisenplatten gebildet wird, die um die Dicke der zu erzeugenden Platte von einander entfernt sind und durch drei Stäbchen oder durch ein U-Eisen in diesem Abstande gehalten werden.

Runde, hohle Gegenstände werden in mehrtheiligen Formen gegossen, deren Theile sich leicht ab- und ausheben lassen. Figur 299 zeigt eine solche Form, die zum Giessen eines schalenförmigen Gefässes bestimmt ist. Dieselbe besteht aus einer Fussplatte *a* mit einer Erhöhung in der Mitte für die Höhlung im Fuss, aus den mit Handgriffen versehenen beiden Theilen *bb* (Hobel), die in eine Kreisnuth der Fussplatte eingesetzt sind, und aus dem ebenfalls einen Handgriff besitzenden Deckel (Kern) *c*, welcher den Hobel oben ebenfalls durch eine Nuth zusammenhält und zur Verringerung des Gewichtes nicht massiv hergestellt ist.

(Mit dem Schalenguss verwandt, jedoch in der Eisengiesserei nicht zur Verwendung kommend, ist der sogenannte Schwenkguss, bei welchem das geschmolzene Metall in die mehrtheilige, fest zusammengefügte, gut vorgewärmte eiserne Form gegossen, in derselben einen Augenblick gelassen und dann durch Umstürzen (Schwenken) der Form wieder ausgegossen wird, wobei nur ein sehr dünnwandiges Gussstück entsteht, indem sich an den Formwandungen nur eine Kruste in Folge schneller Abkühlung bildet.)

Noch zu erwähnen ist der sogenannte Centrifugalguss, bei dem das geschmolzene Eisen in eine rotirende, eiserne Form gegossen wird, deren Innenfläche eine Umdrehungsfläche darstellt. Durch die in Richtung des Halbmessers nach aussen wirkende Pressung bei der Umdrehung der Form wird die äussere Schicht des Gussstückes härter und dichter. Man wendet dieses Verfahren mitunter zur Herstellung von Röhren, paraboloidischen Hohlgefäsen, Gussstahlrädern und Radbandagen an.

3. Die Ausführung des Gusses.*)

Damit das Gussstück möglichst scharfe Contouren erhält, muss das Metall gehörig dünnflüssig sein und unter einem entsprechend hohen Druck einfliessen, es muss also die Eingussstelle noch etwas höher liegen, als der höchste Punkt der Formhöhlung. Ferner hat man dafür zu sorgen, dass die Luft schnell aus der Form entweichen kann, um einen löcherigen Guss zu vermeiden und einen dichten zu erzeugen. Das im Einguss befindliche Metall (Anguss, Giesskopf) dient als Behälter, aus welchem beim Zusammenziehen in der Form Metall nachsinkt. Zur Herstellung eines möglichst dichten Gussstückes wird zuweilen auch das Metall mittelst einer Giesspumpe u. dgl.

*) Siehe: Hoyer, a. a. O., S. 111—118.

in die Form gewaltsam eingepresst oder die Luft künstlich abgesaugt. Da durch die Hitze nicht nur das Wasser des Formstoffes verdampft, sondern auch das Kohlenpulver vergast wird, so hat man die Form zur Verhütung des Auseinandertreibens durch explodirende Gase mit Schraubenpressen fest zusammenzupressen oder mit Roheisenbarren, Gewichtstücken u. s. w. zu belasten. (Vergl. Fig. 294.) Zur Verhütung einer Explosion der sich beim Vergiessen bildenden brennbaren Gase werden dieselben bei ihrem Austritt aus den Windpfeifen u. s. w. entzündet.

Das Eingiessen soll ohne Unterbrechung erfolgen, denn das Eisen bekommt in der Form einen Oxydüberzug, welcher bei einer Unterbrechung des Gusses die Vereinigung dieser Eisenmasse mit der neu zufliessenden verhindern kann, wenn letztere die Oxydschicht der ersteren nicht zu durchbrechen vermag, also nicht heiss (flüssig) genug ist. Auf diese Weise entsteht der gefährliche Kaltguss, welcher erst bei der späteren Bearbeitung des Gussstückes entdeckt wird. Einen löcherigen, unganzen Guss erhält man bei starker Oxydation des Metalles, bei Verunreinigung desselben durch Schlacke und beim Eindringen von Luft in die Masse, wenn das Eingiessen zu heftig erfolgt. Die Schlacke muss deshalb vor dem Eingiessen mittelst einer Holzkrücke u. s. w. von der Oberfläche des Metalles abgestreift werden.

Benutzt man zum Schmelzen des Metalles Tiegel, so bringt man dieselben mittelst Zangen an die Gussform, schmilzt man das Eisen aber in Flamm- oder Schachtöfen, so kann man die flüssige Metallmasse entweder in Rinnen zur Form leiten oder in Gefässen dorthin schaffen. Der Inhalt dieser Gefässe ist so zu bemessen, dass die Metallmasse gerade zur Ausfüllung der Form ausreicht. Als Gefässe benutzt man grosse Löffel (Giesskellen) mit 25—35 *kg* Inhalt oder cylindrische, beziehungsweise kegelstumpfförmige Gabelpfannen mit 100—200 *kg* Inhalt, die von 2—5 Arbeitern getragen und deshalb mit zwei gegenüberstehenden Stielen von 2—2·5 *m* Länge ausgestattet werden und an einem Stiel eine Gabel erhalten, mittelst welcher ein Arbeiter die gefüllte Pfanne kippen kann, oder man verwendet Krahnpfannen von gleicher Gestalt, aber mit einem Inhalte bis zu 7500 *kg*, die ebenso wie die Giesskellen und Gabelpfannen mit Lehm gefüttert, jedoch mittelst mechanischer Vorrichtungen gekippt werden. In Figur 300 ist eine Krahnpfanne mit Kippvorrichtung dargestellt; die letztere besteht aus dem Schneckenrade *b*, der im Lager *d* sich drehenden und in *b* eingreifenden Schnecke *c* und dem Handrade *e*; das Zahnrad sitzt auf dem durch den Bügel gehenden Drehzapfen *a*. Diese Gefässe werden unter das Stichloch des Schmelzofens gebracht oder beim Hochofenguss aus einem vor dem Ofen stehenden Sammelbehälter gefüllt. Um die Schlacke abzuhalten, empfiehlt es sich, die Pfannen mit einer bis fast zum Boden reichenden Wand *m* auszustatten.

Sind mehrere Gefässe zur Füllung einer Form zu leeren, so wird zweckmässig die ganze Masse erst in einem sehr grossen, mit verschliessbarem Giessloch versehenen Tiegel (Hafen), oder in eine in die Erde gegrabene Vertiefung (Sumpf) gegossen. Bei Anlage eines Sumpfes, die sich beim Dammgruben- und Herdguss empfiehlt, ist vom Sumpf nach der Form ein Canal (Masselgraben) herzustellen, durch welchen das Metall zur Form geleitet wird.

Die Gussstücke werden gewöhnlich erst nach vollständiger Abkühlung aus der Form genommen. Sind sie bei der Herausnahme noch glühend oder werden sie in offenem Herdguss hergestellt, so bestreut man ihre Oberfläche zur Verhütung einer Oxydation und zu schneller Abkühlung mit Kohlenpulver.

Schliesslich sind die Gussstücke noch einer mechanischen Bearbeitung zu unterziehen; es sind die Angüsse, Windpfeifen, Gussnähte u. s. w. mittelst Meisel, Feile, Schleifstein u. s. w. zu entfernen, anhaftender Formsand und Kohlenstaub mit von Hand- oder durch Maschinenkraft bewegten, oft an biegsamen Wellen sitzenden Drahtbürsten oder mittelst Sandstein zu beseitigen, und verzogene Stücke (Platten, Gitter) durch Belastung mit Gewichten oder durch Klopfen mit Holzhämmern, nachdem man sie nochmals bis zum Glühen erhitzt hat, zu richten. Um das Gussstück zu reinigen, lässt man auf seine Oberfläche auch wohl ein Sandstrahlgebläse einwirken (vergl. § 81) oder man legt dasselbe, sofern es nicht zu gross ist, in eine cylindrische oder achteckige, um eine wagrechte Achse drehbare Siebtrommel (Scheuertrommel), in welcher sich scharfkantiger, grober Sand oder kleine würfel-, pyramiden- oder oktaëderförmige Gussstücke befinden.

Da die Gussstücke in Folge zu schneller Abkühlung oft eine so bedeutende Härte und Sprödigkeit an ihrer Oberfläche erhalten, dass man letztere mit Werkzeugen nicht oder doch nur sehr schwer bearbeiten kann, so werden solche Gussstücke durch Tempern (Anlassen oder Adouzieren) weich gemacht. Hierbei erhitzt man sie längere Zeit bei Rothgluthitze unter Abschluss der Atmosphärenluft, wobei man sie in Thon-, Eisenblech- oder Gusseisengefässe legt und mit Holzkohlen- oder Coakspulver zur Vermeidung einer Oxydation umhüllt, die Gefässe je nach ihrer Grösse in Windöfen oder in Flammöfen mit Gasfeuerung, die dicht verschmiert werden, stellt und in denselben nach beendetem Glühen sehr langsam erkalten lässt. Hierdurch wird das Eisen in graues, grobkörniges, weiches Eisen verwandelt.

Um sogenannten schmied- und hämmerbaren Guss zu erhalten, wird weisses, kohlenstoffarmes, mangan-, silicium- und phosphorfreies und sonst zu Gusswaaren nicht verwendbares Roheisen, das den Kohlenstoff leicht entlässt, meist in Tiegeln bei hoher Schmelztemperatur (weil dieses Eisen schwerer flüssig wird) geschmolzen, wobei man ihm gerne Abfälle von Stahl und Schmiedeisen (Dreh- oder Hobelspäne) zusetzt, und dann schnell in die Form gegossen, um dieselbe gut auszufüllen. Nach dem Erkalten werden die Gussstücke von den Angüssen befreit und hierauf mit Kohlenstoff oxydirenden Stoffen (Cementirpulver), von denen das natürlich vorkommende Eisenoxyd (pulverisirter und möglichst quarzfreier Rotheisenstein) sich am besten eignet, in Tiegel eingesetzt und geglüht. Man erhält auf diese Weise ein weiches, entkohltes Gusseisen, aus dem man eine Menge kleiner, dünner Gegenstände sehr billig herstellen kann, die früher geschmiedet werden mussten, wie z. B. Nägel, Haken, Schlüssel, Schnallen, kleine Maschinentheile, Handwerkzeug, Wagenbeschläge u. s. w., deren Form man ganz oder theilweise unter dem Hammer verändern kann. Durch Einsatzhärtung kann man schmiedeeiserne Gegenstände an ihrer Oberfläche verstählen. Zu diesem Zwecke reinigt man sie mit Schmirgel, schichtet sie dann mit einem kohlenstoffreichen Cementirpulver in Gefässe ein und bringt letztere in einem Windofen ohne Gebläse u. s. w. zum Glühen. Es verwandelt sich dann das Eisen an der Oberfläche in Stahl, wenn man dasselbe

in glühendem Zustande mit Blutlaugensalzpulver oder mit einem Gemenge von Thon und Boraxpulver bestreut. Man erhält dadurch so hartes Eisen, dass man aus ihm Scheren, Rasirmesser u. s. w. herstellen kann, die sich von den stählernen kaum unterscheiden lassen.

Getemperten Stahlguss, der eine bedeutend grössere Festigkeit und Zähigkeit als schmiedbarer Eisenguss besitzt und sich billiger herstellen lässt, aber häufig wenig dicht ist, erhält man durch Schmelzen kleiner Stücke von altem Stahl oder Stahlabfällen mit Coaks im Kupolofen, Vergiessen in schwach getrockneten Sandformen und nachträgliches Tempern in feuerfesten Kisten, in denen sie mit Rotheisenpulver umhüllt werden. Aus getempertem Stahlguss stellt man in einigen Ländern (namentlich in Belgien) Laufräder für Grubenwagen her.

§ 166. Schmieden und Pressen.

Für die weitere Verwendung bedarf das schmiedbare Eisen noch einer Bearbeitung durch Schmieden, Pressen, Walzen u. s. w.

Soll Schmiedeeisen oder Stahl geschmiedet werden, so wird das Stück in einem durch ein Gebläse verstärkten Holzkohlen-, Steinkohlen- oder Coaksfeuer im Schmiedefeuer (Schmiedeherd), oder wenn es sehr gross ist oder wenn es mit dem Brennstoff nicht unmittelbar in Berührung kommen soll, in einem Flammofen (Glüh- oder Schweissofen) rothglühend oder schwach weissglühend, und falls ein Schweissen beabsichtigt wird, hell weissglühend (schweisswarm) gemacht. Wird der Gebläsewind auf 200—300° *C.* erhitzt, so spart man beim Schmiedefeuer an Brennstoff und verhindert zugleich das Ansetzen der Schmiedefeuerschlacken an das Eisen, weil die Schlacken durch die erzeugte höhere Temperatur in einen flüssigeren Zustand versetzt werden. Die Flammöfen werden mit Kohlen-, Coaks- oder Gasfeuerung eingerichtet, wobei man oft die Heizgase von Dampfkesseln benutzt. Von den neueren Constructionen hat sich der Siemens'sche Regenerativ-Gasofen wegen seiner vielen Vorzüge mehr und mehr Eingang verschafft.

Sobald das Schmiedestück bei der Bearbeitung dunkelrothglühend geworden ist, muss es, sofern es die gewünschte Form noch nicht erlangt hat, von Neuem erhitzt werden.

Das glühende Stück wird mit der Schmiedezange gefasst und auf einen Ambos gelegt, welcher aus Schmiedeeisen gefertigt und mit verstählter Oberfläche (Bahn) versehen oder aus Gusseisen, dessen Oberfläche gehärtet wird, oder ganz aus Gussstahl hergestellt und oft mit einem sogenannten Horn ausgestattet wird. Bevor nun mit dem Schmieden begonnen wird, ist der beim jedesmaligen Erhitzen des Arbeitsstückes sich bildende Glühspan (Hammerschlag, Eisenoxydul) zu entfernen. Das Schmieden kleinerer Stücke wird von einem einzigen Mann vorgenommen, das grösserer Stücke von einem Schmied (Meister) und einem oder mehreren Gehilfen (Zuschlägern). Der Meister dreht und wendet das Arbeitsstück mit der Zange und deutet mit einem 1—3 *kg* schweren Schmiedehammer diejenigen Stellen an, auf welche alle Schläge der von den Zuschlägern mit beiden Händen geschwungenen 3—10 *kg* schweren Zuschlaghämmer fallen sollen. Bei den Zuschlaghämmern unterscheidet man Vorschlaghämmer und Kreuzschläge; bei ersteren liegt die Finne (der keilförmig zugespitzte Kopf des

Hammers) senkrecht, bei letzteren parallel zu dem aus möglichst zähem Holze (jungem Eichenholze, Weissdorn- oder Hickoryholze) hergestellten Stiel.

Ist ein grösseres Hammergewicht erforderlich, als es die schwersten, mit der Hand geführten Zuschlaghämmer besitzen, so müssen die Hämmer durch Wasser- oder Dampfkraft u. s. w. getrieben werden. Die Dampfhämmer werden meistens nach dem System Nasmyth ausgeführt, bei welchem der in der senkrechten Führung des Gestelles auf- und niedergehende Bär mit der Kolbenstange eines über ihm fest gelagerten Dampfcylinders verbunden ist. Je nach dem Fallgewicht, der Hubhöhe und der Anzahl der Hübe in der Minute theilt man die Dampfhämmer ein in: Schnellhämmer, grosse Schmiedehämmer, Luppenhämmer und Hämmer zum Schweissen und Verdichten, und unterscheidet Vertical- und Horizontalhämmer; bei ersteren fällt der Bär, bei letzteren werden zwei auf Rollen geführte Hammerklötze gegen einander bewegt. Die Verticalhämmer theilt man wieder ein in: einfach wirkende, bei denen der Dampf das Fallgewicht auf die erforderliche Höhe hebt, dann entweicht und der Bär durch sein eigenes Gewicht herabfällt, und doppelt wirkende (Hämmer mit Oberdampf), bei denen der Dampf das Fallgewicht hebt und auf den Bär beim Niederfallen drückt, so dass ein stärkerer Schlag und eine grössere Fallgeschwindigkeit erzielt wird.

Ausser Nasmyth haben Daelen, Condié, Morrison, Keller-Banning (Wagner & Comp. in Dortmund), Sellers u. A. Hammersysteme erfunden. Den grössten Dampfhammer der Welt besitzen Schneider & Comp. in Creusot; dieser Hammer hat ein Fallgewicht von 80.000 *kg* und eine Hubhöhe von 5 *m*.

Die mit Wasser- oder Dampfkraft betriebenen Schwanzhämmer, sowie die Luft- und Federhämmer (z. B. der Lufthammer von Schmidt in Zürich) werden nur für leichtere Schmiedearbeiten und den Kleinbetrieb benutzt. Robertson hat sich einen Gashammer patentiren lassen, bei welchem das Explosionsgemisch sich über dem Kolben bildet und der Hammer durch Federn in die Höhe gehoben wird; eine weitere Verbreitung hat dieser Hammer nicht gefunden.

Die Arbeiten des Schmiedes sind folgende:

1. Das Strecken, d. h. eine starke Längenausdehnung des Arbeitsstückes ohne wesentliche Vergrösserung der Breite. Die Oberfläche des zu streckenden Stückes wird mit der Finne eingekerbt und dann mit der Bahn (dem stumpfen Kopf des Hammers mit glatter Endfläche) geglättet und geebnet (geschlichtet).

2. Das Stauchen, d. h. ein Zusammendrücken in der Längenrichtung. Kurze Stücke stellt man senkrecht auf den Ambos und schlägt mit dem Hammer darauf, längere stösst man glühend gegen den Amboss oder gegen den Erdboden.

3. Das Treiben, um Hohlgefässe anzufertigen oder Platten und Stäbe zu krümmen. Mit einem Treibhammer, dessen Bahn kugelig gewölbt ist, werden zahlreiche kleine Beulen in gewisser Reihenfolge neben einander gesetzt, wodurch allmälig die gewünschte Krümmung erzielt wird. (Aus einem kreisrunden Blech erzeugt man eine kreisförmige Schale (Mulde), wenn man den Hammer so führt, dass seine Finne stets rechtwinkelig zum Durchmesser auftrifft.)

4. Das Schweissen, d. h. die Vereinigung zweier weissglühender Stücke unter Hammerschlägen (oder durch inniges Zusammenpressen).

Die beiden Arbeitsstücke werden in der Regel keilartig ausgeschmiedet (abgefinnt) oder es wird das eine Stück gabelförmig aufgehauen, das andere keilartig ausgeschmiedet und in den Spalt des ersteren eingefügt oder es werden beide Enden, falls sie stumpf aneinandergeschweisst werden müssen, in der Längenrichtung der Stäbe gestaucht, um die Schweissflächen zu vergrössern und dadurch eine innigere Verbindung zu erreichen. Eine vollkommene Vereinigung erfolgt nur dann, wenn die zusammenzuschweissenden Enden der Arbeitsstücke metallisch reine Oberflächen besitzen. Um den Glühspan (Hammerschlag) zu entfernen, werden die erhitzten Schweissflächen mit Schweisssand (feinem Quarzsand) bestreut.

5. Das Ansetzen, d. h. die Erzeugung eines vorspringenden Ansatzes durch Niederhämmern der umgebenden Theile. Man benutzt hierzu einen Setzhammer, auf dessen Kopf ein Schmiedehammer aufschlägt; als Unterlage dient ein sogenanntes Stöckchen, das in den Amboss gesteckt wird.

6. Das Abhauen (Abschroten, Durchschroten, Schroten). Man entfernt einzelne Theile mit dem Schrotmeissel, dem als Unterlage der im Amboss befestigte Abschrot dient.

7. Das Lochen (Heraushauen einzelner Theile). Hierzu benutzt man den stählernen Durchschlag und als Unterlage den Lochring, in welchen der Durchschlag bequem hineinpasst. Das herausgeschlagene Stück heisst »Putzen«. Um ein Loch zu erweitern oder in eine beliebige eckige Form zu bringen, wird es mit einem Dorn, einem kegelförmigen Eisen- oder Stahlstab, bearbeitet. Zum Lochen benutzt man aber auch besondere Maschinen (Lochmaschinen).

8. Das Aufhauen. Beim Lochen wird der Eisenquerschnitt um den Putzen geschwächt. Man kann aber auch ohne eine derartige Schwächung im Arbeitsstück ein Loch herstellen, indem man das Eisen mittelst Schrotmeissel aufschlitzt (aufhaut) und diesen Schlitz aufdornt, wobei eine Stauchung des Metalls rings um das Loch eintritt.

9. Das Biegen. Das Arbeitsstück wird über das kegel- oder pyramidenförmige Horn des Ambosses oder Sperrhorns (eines Ambosses mit zwei Hörnern) oder um einen in den Amboss gesteckten Dorn gelegt und die frei überstehende, nicht unterstützte Stelle des Arbeitsstückes mit dem Hammer bearbeitet. Scharfeckige Biegungen erhält man, wenn man das Arbeitsstück anschliessend um die Kante des Ambosses herumhämmert. Sind grössere Gegenstände zu biegen, so benutzt man eigene Biegemaschinen oder Pressen oder man hämmert sie über besondere Formen.

10. Das Schlichten (Glätten, Ebnen). Hierzu verwendet man Setzhämmer oder eigene Schlichthämmer.

11. Das Schmieden in Gesenken. Zum Ausschmieden cylindrischer oder prismatischer Arbeitsstücke benutzt man gusseiserne oder gussstählerne (seltener schmiedeeiserne) Hohlformen, die man Gesenke nennt. Man unterscheidet einfache Gesenke, deren offene Fläche durch die Hammerbahn geschlossen wird, und doppelte Gesenke, die aus einem an einem Stiel gehaltenen Obergesenk und aus einem mit seinem Vierkant-Ansatz in den Amboss gesteckten Untergesenk bestehen. Auf den Gesenkobertheil werden bei seiner Verwendung Schläge mit dem Vorschlaghammer gegeben.

12. Das **Anschmieden eines Kopfes** an ein Eisenstück. Man benutzt hierzu ein Nageleisen, auf dessen Loch man das Arbeitsstück steckt; das vorstehende Ende des letzteren wird aufgestaucht und zu einem Kopf ausgeschmiedet, dem man mit einem Schelleisen, welches an der Unterseite die Bolzen- oder Schraubenkopfform ausgearbeitet trägt, die entsprechende Form giebt.

Bei Massenherstellung gleicher und einfach geformter Stücke (z. B. von Niet- und Schraubenbolzen, Schraubenmuttern, Nägeln), zum Strecken und Stauchen runder Gegenstände, zum Einziehen von Rohren u. s. w. verwendet man **Schmiedemaschinen**, die im Allgemeinen folgendermassen eingerichtet sind: Ein kräftiges Gusseisengestell trägt mehrere Ambosse, welche mittelst Schrauben und hölzerner Zwischenlagen elastisch befestigt sind. Im Obertheil des Gestelles lagert eine Antriebswelle mit Schwungrädern und Riemenscheiben, welche die Obertheile der Hämmer lagerartig übergreifende Excenter trägt. In die Ambosse und Hämmer sind Gesenke oder sonstige formgebende Werkzeuge aus Stahl eingesetzt, und es können die Untergesenke mittelst Handräder und Zahradübersetzung in der Höhe beliebig verstellt werden.

Häufig befindet sich noch unter den Gesenken eine Abschneide- oder Abschervorrichtung für kurze Arbeitsstücke. Durch aufeinanderfolgende Benutzung der Gesenke wird die gewünschte Form hergestellt.

Um grosse Schmiedestücke von zusammengesetzter Form (z. B. Kurbeln, Kreuzköpfe, Dampfkolben, Achsbüchsen, Locomotiv- und Tenderradsterne u. s. w.) mit einem einzigen kräftigen Druck oder in wenigen Hüben fertig zu stellen, benutzt man **Schmiedepressen**, welche durch Schrauben (Spindel), Excenter, Wasser oder Dampf bewegt und für einen Druck bis 4000000 *kg* eingerichtet werden.

Die formgebenden Werkzeuge der Pressen sind Stempel, Patrize, (Obergesenk) und Matrize (Untergesenk). Sehr verbreitet ist die **Haswell**sche Presse mit zwei Presscylindern. **Schrauben- oder Spindelpressen** (mit beweglicher oder festliegender Spindel) verwendet man hauptsächlich zur Herstellung von Nägeln, Schrauben, Muttern, Nieten und anderen in grossen Mengen verbrauchten Schmiedestücken, **Excenter-Pressen**, namentlich zum Lochen und Ausstanzen, zum Schneiden von Platten und Formeisen und zum Kaltrichten oder Kaltbiegen von Formeisen, indem man zum Richten und Biegen einfache gusseiserne Stützen oder Unterlagen benutzt, von denen zwei in einiger Entfernung von einander am Gestell gelagert sind und eine dritte über diesen am Schlitten befestigt und seitlich verstellbar eingerichtet ist, um jede beliebige Durchbiegung erzielen zu können. Als Werkzeuge zum Lochen dienen Stempel und Lochring, zum Schneiden zwei am beweglichen Schlitten, beziehungsweise am Gestell befestigte Scherblätter. Zum Formen von Unterlagsplatten, Wellblech und Trägerwellblech werden ebenfalls besondere Pressen benutzt, zur Beseitigung von Nähten, Rändern, überscharfen Kanten oder dergl. sogenannte **Abgratpressen**, welche den gewöhnlichen Lochmaschinen ähneln.

Die Schmiedepressen haben vor den grossen Dampfhämmern den Vorzug, dass sie fast geräuschlos und stossfrei arbeiten und schwächere Fundamente verlangen.

§ 167. Das Walzen, Richten und Drahtziehen.

Walzen. Um ein Metallstück in Länge und Breite auszudehnen (zu strecken und zu breiten), führt man es durch ein Walzwerk, das aus zwei (oder mehreren) horizontal übereinander angeordneten, aus Hartguss oder gehärtetem Stahl bestehenden, glatten oder gefurchten Cylindern besteht, die in einem eisernen Gestell (Ständergerüst) so angebracht sind, dass man ihren Zwischenraum (Spielraum, Anstellung) beliebig verändern kann. Beim Einführen des Metallstückes ergreifen die in entgegengesetzter Richtung mittelst Dampf- oder Wasserkraft gedrehten Walzen zunächst das Stück infolge der Reibung an ihren Oberflächen und ziehen es dann zwischen sich hindurch. Hierbei wird das Metallstück um soviel zusammengedrückt, als seine Dicke grösser ist wie der Walzenzwischenraum.

Je grösser der Walzendurchmesser und je langsamer die Drehung, umso stärker der Druck auf das Metall, umso grösser die Ausdehnung in die Breite und umso geringer die Streckung. Daher giebt man den Walzen für Schweisseisen und Stahl den grössten und denen für Draht den kleinsten Durchmesser. Der Metallquerschnitt darf durch das Walzen höchstens bis zur Hälfte verkleinert werden, weil sonst ein Zerreissen zu befürchten ist, und es darf der Walzenabstand zur Verhütung des Gleitens nicht mehr als den zwanzigsten Theil des Walzendurchmessers betragen.

Glatte Walzen, die nach allen Seiten einen offenen Zwischenraum bilden, liefern Platten und Bleche von unregelmässiger Seitenbegrenzung. Um das Walzstück seitlich in seiner Ausdehnung zu begrenzen und dadurch gerade Kanten zu erhalten, schliesst man den Zwischenraum durch sich berührende Wülste ab; hierdurch entsteht ein Druck, welcher ebenfalls zur Längenveränderung beiträgt.

Eisenbleche werden in glühendem Zustande gewalzt und in der Regel mehrere Male durch die Walzen geführt; nach jedem Durchgange sind die Walzen näher zu stellen und die Bleche von Neuem zu glühen. Dagegen werden alle Stabeisensorten gewöhnlich in einer Hitze fertiggewalzt. Sehr dünne Bleche werden, hauptsächlich zur Erreichung einer grösseren Gleichmässigkeit, in grösserer Zahl aufeinanderliegend gleichzeitig gewalzt.

Soll Formeisen erzeugt werden, so sind die Walzenoberflächen mit Furchungen (Calibern) zu versehen (Caliberwalzen), von denen je zwei benachbarte Caliber durch Ringe (Ränder) von einander getrennt sind. Greifen vorstehende Ränder der Oberwalze in entsprechende Vertiefungen der Unterwalze, so nennt man die Caliber geschlossene (Fig. 301), liegen die Caliber aber übereinander, so heissen sie offene (Fig. 302).

Je nach der Form der Caliber unterscheidet man: Flach-, Quadrat-, Polygon-, Rund-, Oval-, Spitz- und Façon-Caliber. Das erste Caliber, welches das Metallstück passirt, ist das Vorcaliber, das letzte das Fertigcaliber.

Sind mehrere Walzenpaare so miteinander verbunden, dass sie gemeinsam angetrieben werden können, so nennt man das Walzwerk eine Walzenstrasse oder Walzenstrecke. Die Betriebsmaschiene heisst Walzenzugmaschine. In der Regel wird nur die untere Walze mit der Betriebskraft verbunden, indem man sie mit einer Dampfmaschine, einem Wasserrade u. s. w. lösbar kuppelt. Die Bewegung der Oberwalzen wird durch Zahnräder (Krauseln)

bewirkt. Walzen, welche ihre Bewegung nicht durch Getriebe, sondern nur durch die Reibung des von der ersten Walze mitgenommenen Walzstückes erhalten, nennt man Schleppwalzen.

Bei den Walzen unterscheidet man:

a) Zängewalzen, durch welche die Schlacke aus den gehämmerten Luppen (Masseln) gepresst wird. Sie enthalten mehrere halbelliptische Caliber von abnehmender Breite, deren Anordnung so getroffen ist, dass die Caliber beider Walzen elliptische Oeffnungen bilden, durch welche die Eisenstangen gereckt werden, indem man sie zunächst durch die weiteste Oeffnung hindurchwalzt, dann in die nächstgrösste Oeffnung einführt u. s. f.

b) Luppen- oder Rohschienenwalzen zum Auswalzen des gezängten Eisens zu Rohschienen.

c) Schnellwalzen zur Erzeugung von Draht, Nageleisen, feinem Band- und Rundeisen (Walzendurchmesser 210 *mm*, Tourenzahl pro Minute 300—500).

d) Feinwalzen zur Herstellung von Band- und Flacheisen bis 50 *mm*, von Rund- und Vierkanteisen bis 33 *mm*, und von kleinem Façoneisen (Walzendurchmesser 240—260 *mm*, Tourenzahl 150—200).

e) Mittelwalzen für Band- und Flacheisen von 50—150 *mm*, Rund- und Vierkanteisen von 33—75 *mm*, mittlere Façon- und Schmiedeeisen (Walzendurchmesser 370—420 *mm*, Tourenzahl 75—120).

f) Schienenwalzen für Schienen, Rundeisen von 75—150 *mm*, Vierkanteisen von 75—130 *mm*, Flacheisen von 150—470 *mm*, Winkeleisen grösserer Abmessungen und ⊥-Eisen bis 180 *mm* Höhe (Walzendurchmesser 500—520 *mm*, Tourenzahl 50—120).

g) Grobwalzen für Rundeisen von 150—250 *mm*, breites Flacheisen und schwerstes Façoneisen (Walzendurchmesser 580—710 *mm*, Tourenzahl 50—80).

h) Kesselblechwalzen für Kesselblech (Walzendurchmesser 580 bis 630 *mm*, Tourenzahl 40—70).

i) Sturzblechwalzen für Sturzbleche von 2·5—3·5 *kg* Gewicht für das Quadratmeter (Walzendurchmesser 500—520 *mm*, Tourenzahl 30—60). (Vergl. Hoyer, a. a. O., S. 177.)

Ferner theilt man die Walzwerke ein in: Zwillings- oder Duo-Walzwerke, Reversir- oder Kehrwalzwerke, Drillings- oder Trio-Walzwerke, Universalwalzwerke, Staffelwalzwerke u. s. w.

Beim Zwillings- oder Duowalzwerk muss das Arbeitsstück nach dem jedesmaligen Durchgang durch die beiden Walzen gehoben und über die Oberwalze hinweg auf die Einführungsstelle gebracht werden, was bei grossen Walzstücken nur mittelst mechanischer Vorrichtungen (Elevator u. s. w.) ausführbar ist und bei kleinen einen grossen Wärmeverlust erzeugt. Um diesen Nachtheil zu beseitigen, hat man das Walzwerk so eingerichtet, dass die Walzen sofort nach dem Durchgange des Arbeitsstückes in die entgegengesetzte Drehbewegung versetzt (umgesteuert) werden können, so dass der Rückweg des Walzstückes ausgenutzt werden kann und die Hebung vermieden wird. Solche Walzwerke nennt man Reversir- oder Kehrwalzwerke; man verwendet sie hauptsächlich zur Erzeugung schwerer Platten (z. B. Panzerplatten). Denselben Vortheil erreicht man dadurch, dass man drei Walzen übereinander legt und die Ober- und Unterwalze im gleichen, der Bewegung der Mittelwalze entgegengesetzten Sinne dreht. Dann ist es nur nöthig, das aus-

tretende Arbeitsstück vor die andere Walzeneintrittsstelle zu bringen, wobei auf dem Rückweg zur ersten Eintrittsstelle das Walzstück weiter ausgebildet wird. Derartige Trio-Walzwerke (Fig. 303) dienen namentlich zur Erzeugung von Blechen. Zuweilen ordnet man auch zwei Paare Walzen in verschiedener Höhe, jedoch hintereinanderliegend an und giebt ihnen eine entgegengesetzte Drehbewegung, dann ist nur eine Aufhebung für zwei Durchgänge nothwendig.

Um verschiedene Querschnittformen mit einem einzigen Walzenpaare von geringer Länge anfertigen zu können, hat man die Walzen aus einer Anzahl Cylinder von verschiedenen Durchmessern gebildet. Solche Walzen führen den Namen Staffel- oder Stufenwalzen (Fig. 304); sie sind verstellbar eingerichtet.

Einen wesentlichen Fortschritt in der Calibrirung erzielte R. Daelen durch Erfindung des sogenannten Universalwalzwerkes, weil durch dasselbe die verschiedenen Caliberformen umgangen werden und das Walzen sehr vereinfacht wird. Dieses Walzwerk besteht entweder aus zwei grösseren horizontalen Walzen *a a* (Fig. 305) und zwei kleineren verticalen Walzen *b b*, welche einen viereckigen Raum bilden, der durch Hebung oder Senkung der Oberwalze höher oder niedriger und durch Verschiebung der Walzen *b b* breiter oder schmäler gestaltet werden kann, oder es besteht nur aus einem Walzenpaar, dessen Walzen mit einem Ringe auf dem Bunde versehen sind, der in eine entsprechende Vertiefung der Gegenwalze passt, und dessen Oberwalze vertical und horizontal verstellbar eingerichtet ist, so dass der Raum zwischen Walzen und Ringen beliebig vergrössert oder verkleinert werden kann.

Um beim Zwillingswalzwerke das Umwickeln des Arbeitsstückes um die Oberwalze zu vermeiden, das durch die grosse Reibung hervorgerufen werden würde, wählt man den Durchmesser der Oberwalze etwas grösser als den der Unterwalze; dadurch wird eine Streckung nach unten bewirkt. Das Umlegen des durchgewalzten Eisens um die Unterwalze wird durch eine scharf an die Walze anschliessende Platte mit zugeschärftem Ende (Abstreichmeissel) vermieden, die an der Ausgangsstelle vor der Unterwalze angeordnet wird. Dieser Platte gegenüber, auf der entgegengesetzten Seite der Walzen, befindet sich zur leichteren Einführung des Arbeitsstückes in die Walzen ein Walzentisch (Walzenbank). Abstreichmeissel und Walzentisch finden in Nuthen des Walzenständers ihre Befestigung. Um das durchgewalzte Eisen von Schlacken zu befreien, sind an den Walzen Schlackenbürsten angebracht. Der sich beim Glühen und Walzen auf den Blechen bildende Glühspan (Hammerschlag) wird vor jedem neuen Durchgang durch Abkehren mit Besen entfernt.

Soll Schweisseisen gewalzt werden, so werden die Rohschienen zu sogenannten Packeten zusammengeschweisst, deren Anordnung und Grösse sich nach dem Zweck des Fertigproductes richtet. Die Packete haben meistens einen rechteckigen Querschnitt. Sind aus ihnen Bleche oder schwere Formeisen herzustellen, so werden sie vor dem Walzen erst unter dem Hammer vorgeschmiedet; bei anderen Erzeugnissen gehen sie unmittelbar vom Schweissofen durch die Walzen. Da die Rohschienen, beziehungsweise Stabeisen stets noch Schlacke enthalten, so lassen sie sich leicht und vollkommen schweissen, weil die Schlacke in der Schweisshitze die Eisenoxyde und Eisenoxydule auflöst, so dass metallisch reine Oberflächen entstehen.

Bei weichem Schweisseisen kann man durch das Walzen eine Ausbreitung der Eisenkörner und dadurch Sehnenbildung (hauptsächlich in der Walzrichtung) erzielen.

Die Ausbildung der Sehnenrichtung ist je nach der Art der Packetirung, ob nämlich sämmtliche Rohschienen in einer und derselben Richtung oder kreuzweise zusammengeschweisst werden, eine verschiedene. Bei den aus kreuzweise geschichteten Packeten hergestellten Blechen bildet sich die Sehne sowohl nach der Längen- wie nach der Querrichtung, weil die Packete abwechselnd nach diesen beiden Richtungen gewalzt werden. Von dem Verhältniss der Länge zur Breite des Bleches hängt der Unterschied der Festigkeiten nach beiden Richtungen ab. Formeisen und Flacheisen besitzen quer zur Walzrichtung eine geringere Festigkeit, weil ihre Länge bedeutend grösser ist als ihre Breite.

Beim Walzen von Flusseisenblöcken wird gewöhnlich keine Sehne gebildet; man erklärt sich dies aus dem fehlenden Schlackengehalt. Daher wird die Walzrichtung die Festigkeit des Arbeitsstückes wenig beeinflussen und es wird die Festigkeit quer zur Walzrichtung nur wenig von der in derselben abweichen. Man kann daher Flusseisenstücke nach beiden Richtungen mit fast demselben Erfolge biegen, was beim Schweisseisen nicht der Fall ist. Die in den Flusseisenblöcken stets vorhandenen, durch Gasausscheidungen entstandenen Blasenräume werden durch das Walzen niemals ganz entfernt, sondern nur gequetscht oder gezogen, denn es tritt wegen fehlenden Schlackengehaltes niemals Schweissung ein.

Panzerplatten werden aus vorzüglich sehnigem Eisen hergestellt, indem man dasselbe zu einer Platte von etwa 780 *mm* Länge, 310 *mm* Breite und 26 *mm* Dicke ausreckt, fünf bis sechs solcher Platten zu einem Packet zusammenschweisst, dasselbe zu einer Platte von 1·25 *m* Länge und Breite in einem schweren Kehrwalzwerk auswalzt, fünf bis sechs solcher Platten packetirt, aus denselben durch Walzen eine Platte von 2·51 *m* Länge, 1·41 *m* Breite, 65 *mm* Dicke und etwa 1500 *kg* Gewicht herstellt und mehrere solcher Platten nach Erhitzen in besonderen Oefen und Zusammenschweissen zu einer 12.000—15.000 *kg* schweren Platte auswalzt.

Bei sogenannten Verbund- oder Compoundplatten fertigt man zuerst eine Schweisseisenplatte von etwa 3 *m* Länge, 1·8 *m* Breite und 30 *mm* Dicke an, bringt darüber, unter Benutzung von verschraubten Saumleisten, in einem Abstande von etwa 125 *mm* eine 50 *mm* starke, aus weichem Martin-Flusseisen gewalzte Deckplatte, stellt das Ganze senkrecht in eine entsprechend gestaltete Gussform und füllt den Hohlraum, nachdem die Platten hellroth glühend gemacht, mit Martin-Flussstahl aus; schliesslich walzt man das Ganze auf die gewünschten Abmessungen aus, wobei man Vorwalzen von etwa 60 *cm* und Fertigwalzen von etwa 160 *cm* Durchmesser benutzt, die in der Minute 20, beziehungsweise 10—12 Umdrehungen machen.

Wellbleche und Trägerwellbleche werden, wie schon im vorigen Paragraphen bemerkt wurde, in der Regel in Schmiedepressen hergestellt, doch erzeugt man sie auch in Walzen. Häufig wird hierbei das eigens für diesen Zweck construirte Reversirwalzwerk von R. Daelen benutzt.

Grobeisen walzt man gewöhnlich im Zwillingswalzwerk mit einem Streckwalz- und einem Schlichtwalzgerüst. Die Caliber der Vorwalze erhalten für grössere Packete rechteckige, im Uebrigen spitzbogenförmige Gestalt.

Sind in den Rohschienenpacketen die Lagen so angeordnet, dass nicht Fuge auf Fuge fällt, so durchlaufen die Packete gewöhnlich in einer Hitze die Caliber der Vor- und Fertigwalze. Scharfkantige Flacheisen erzeugt man in Walzwerken mit 2—3 Vorcalibern und mehreren Fertigcalibern, wobei man den Eisenstab nach jedem Durchgange um 180° dreht. Flacheisen, die keine scharfen Kanten zu besitzen brauchen, werden in Staffelwalzwerken hergestellt. Quadrat- und Rundeisen walzt man in Walzen mit offenen Calibern; der Eisenstab durchläuft 2—3 Caliber der Vorwalzen und wird dann bei mehrmaligem Durchgange und entsprechender Drehung fertiggewalzt. Winkeleisen werden ebenfalls vorgewalzt, worauf der rechte Winkel in weiteren Caliberwalzen allmälig ausgebildet wird. I-Eisen walzt man liegend, und zwar am besten in einem Universalwalzwerk; das eine Walzenpaar bildet dann den Steg, das andere die Flanschen (Füsse). T-Eisen werden in theils liegenden, theils stehenden Calibern hergestellt, wobei man das Eisenstück vor jedem neuen Caliberdurchgang um 90° dreht. Feineisen wird in Trio-Walzwerken von grosser Umfangsgeschwindigkeit (etwa 200 Touren in der Minute) und kleinem Durchmesser (25—30 *cm*) aus Grobeisenstücken dargestellt.

Eisenbahnschienen stellt man entweder in zwei Hitzen mit Hilfe eines schweren Blockwalzwerkes oder ohne letzteres in einer Hitze im Drillingswalzwerk her. Das Blockwalzwerk ist ein Kehrwalzwerk mit Walzen von 75—100 *cm* Durchmesser und 5—6 Trapezfurchen. Der Block wird zwei- bis sechsmal durch jedes Caliber geführt und nach jedem Durchgange um 90° gedreht. Das Schienenwalzwerk besitzt meistens ein Vor- und Fertigwalzgerüst und Drillingswalzen mit 11—17 Furchen. Wird die Schiene in einer Hitze hergestellt, so muss sie das Fertigcaliber noch hellrothglühend verlassen, damit in ihr keine schädlichen Spannungen entstehen; daher erhalten die Walzen eine möglichst grosse Umfangsgeschwindigkeit (etwa 3—4 *m*).

Gemusterte Eisen und Ziereisen walzt man in Furchen, welche die Verzierung, je nachdem dieselbe erhaben oder vertieft erscheinen soll, als Vertiefungen oder Erhöhungen besitzen.

Zum Bewegen der Rohschienenpackete und Gusseisenblöcke von Caliber zu Caliber und schliesslich vom Walzwerk zur Säge bedient man sich mechanischer Vorrichtungen.

Richten und Biegen. Die gewalzten Bleche und Formeisen müssen vor ihrer Verwendung von allen Unebenheiten befreit werden. Dies geschieht auf Richtplatten durch Handarbeit oder auf der Richtmaschine durch Walzen. Im ersteren Falle werden die Stücke sofort nach dem Fertigwalzen im rothglühenden Zustande auf einer geraden Gusseisenplatte in der Hüttensohle mit Holzhämmern oder bei schwereren Stücken (Platten) durch Hinüberrollen einer eisernen Walze geebnet. Zum Richten von Formeisen benutzt man vielfach Walzenpressen und bei schwierigeren Formen eigene gusseiserne Lehren (Matrizen, Gesenke), über welche man häufig belastete, nach der äusseren Form des zu richtenden Stückes genau abgedrehte Walzen mittelst Kettenzug, Dampf- oder Wasserkraft hinüberführt. Zum Walzen cylindrischer Rohre muss man das eine Lager abnehmbar einrichten, und alle Arbeitsvorrichtungen auf eine Seite legen, damit man die Rohre in der Längsrichtung von der Walze ziehen kann. Werden stärkere Formeisen gerade gewalzt, so krümmen sie sich beim Erkalten nach einer von der Gestalt des Querschnittes ab-

hängenden Richtung; um diesem Uebelstande zu begegnen, werden solche Eisen im warmen Zustande im entgegengesetzten Sinne gekrümmt, wobei man sich passender Unterlagen und zum Andrücken der Daumen oder Rollen bedient. Auch beim Kaltrichten in der Werkstatt benutzt man Walzenpressen, beziehungsweise Schraubenpressen. Zum Biegen verwendet man Biegemaschinen, die gewöhnlich mit drei Walzen ausgestattet sind, von denen die beiden nebeneinander angeordneten Unterwalzen den Antrieb erhalten, während die Ober- oder Biegewalze als Schleppwalze eingerichtet ist.

Drahtziehen. Zur Herstellung von Draht verwendet man ein zähes, sehniges, festes Eisen und für Stahldraht häufig zähen Tiegelgussstahl. Stärkeren Draht (bis 4 *mm* Dicke abwärts) erzeugt man auf Walzwerken, und zwar in der Regel auf Triowalzwerken mit Rundcalibern, feineren dagegen dadurch, dass man Walzdraht durch eine Anzahl Löcher zieht, welche sich in harten, meistens aus Stahl, seltener aus Hartguss gefertigten Scheiben (Ziehscheiben) befinden und deren Durchmesser sich nach den üblichen Drahtnummern (Drahtdicken) richten, die den Drahtlehren (vergl. § 174) entsprechen. Der Walzdraht wird zuerst durch ein Loch gezogen, dessen Durchmesser etwas kleiner ist als der des Drahtes, dann durch das nebenliegende, etwas schmälere und so fort, so dass der Draht allmälig verdünnt wird. Um die Zugkraft möglichst zu vermindern, muss das Ziehloch glatt und daher gut geschmiert sein; auch wird es, da die Querschnittsverkleinerung nicht plötzlich erfolgen und kein Abschaben des Drahtes eintreten darf, allmälig trichterförmig verengt und mit abgerundeten Kanten hergestellt (Figur 306). Da beim Ziehen nicht nur die Festigkeit, sondern auch die Härte des Metalles vermehrt wird, so muss der Draht später wieder geglüht werden. Der Draht wird mittelst einer Zange (Schleppzange) verschiedener Construction durch das Ziehloch gezogen, wobei die Zange durch eine sich um eine drehende Walze oder Trommel aufwickelnde Kette (Schnur, Riemen, Gurt) gezogen wird, oder man benutzt hierzu eine sogenannte Scheibenziehbank (Fig. 307). Der vorher ausgeglühte Draht wird auf die Haspel *H* gelegt, das eine etwas zugespitzte Ende des Drahtes durch ein Loch des Zieheisens *A* gezogen und auf der Trommel (Scheibe, Rolle, Hut) *K* befestigt. Letztere wird durch die Kegelräder *a* und *b* um seine verticale Achse gedreht und zieht hierbei den übrigen Draht durch *A* hindurch. An derselben Welle sitzt eine längliche Scheibe (in der Figur nicht sichtbar), die zwei radiale Vertiefungen an der Oberfläche besitzt und als Mitnehmer für die Trommel *K* dient. Das Mitnehmen wird dadurch bewirkt, dass eine in *K* sitzende Stange beim Niederdrücken in eine der Vertiefungen eintritt und nur durch die infolge des Druckes entstehende Reibung gehalten wird. Hört dieser Druck (nach vollständiger Abwickelung des Drahtes von *H*) auf, so drückt eine Spiralfeder die Stange nach oben und bewirkt dadurch eine Ausrückung (ein Aufhören der Drehbewegung) der Trommel.

Zum Abkneipen des Drahtes dient die Beiss- oder Kneipzange.

§ 168. Herstellung schmiedeeiserner Röhren.

Bei den Schmiedeeisenröhren unterscheidet man gezogene, gewalzte und nahtlose.

Zur Herstellung gezogener Röhren werden Flacheisenstreifen oder Blechstücke von der Länge der Röhre und von der Breite gleich dem

Röhrenumfange durch Ziehen durch einen sogenannten Seckenzug, welcher aus zwei in einem Gestell verschiebbar gelagerten, umgekehrt congruenten (concav und convex gekrümmten) Backen besteht, deren Abstand (Ziehloch) mittelst Schrauben vergrössert oder vermindert werden kann, oder durch Eindrücken in ein Gesenk oder mit Hilfe des sogenannten Krokodiles, einer Zange, welche aus einem festliegenden, halbrund ausgehöhlten, etwa 1·75 *m* langen Eisenblock (Backen) als Untergesenk und einem mittelst starken Hebels auf und nieder zu bewegenden, dem Untergesenk entsprechend gestalteten Obergesenk besteht, der Quere nach zusammengebogen, hierauf in einem Glühofen weissglühend (schweisswarm) gemacht und dann unmittelbar nach dem Austritt aus dem Ofen durch ein Zieheisen gezogen, dessen Lochdurchmesser der Weite des herzustellenden Rohres entspricht, wobei eine Schleppzange an dem einen Ende anfasst (Röhrenziehbank). Man benutzt hierbei zur Vermeidung des Eindrückens und Einknickens des Rohres einen sehr glatten, parabolisch endigenden Stahl- oder Gusseisenkörper (Dorn), welcher an einer entsprechend langen Stange in das Ziehloch hineinreicht, so dass in letzterem nur eine ringförmige Oeffnung für die Röhrenwand frei bleibt. Beim Durchgang durch das Ziehloch werden die Ränder der Röhren kräftig aneinander gepresst, wodurch sie sich durch Schweissung verbinden.

Das Walzen der Röhren geschieht in gleicher Weise wie das Walzen massiver Stäbe zwischen Caliberwalzen (Röhrenwalzwerk), nur hat man die Röhren gegen Knickung durch eine Ausfüllung mit Quarzsand (Asche, Erde) oder, wenn sich die innere Oeffnung nicht vermindern soll, durch einen festen Dorn zu schützen. Viel verwendet wird das Rohrwalzwerk von Brown, bei welchem eine Anzahl kurzer, nur je mit einem Caliber ausgestatteter Walzenpaare abwechselnd liegend und stehend angeordnet sind, wobei die aufeinanderfolgenden Caliber kleiner werden, so dass sich das Auswalzen in einem einzigen Durchzuge vollenden lässt. Zur Aufnahme des Walzendruckes und zur Bestimmung der Wandstärke der Röhren ist durch die Caliber ein dünner Dorn geschoben, der innerhalb jeden Calibers eine dem Innendurchmesser der Röhre entsprechende Verdickung trägt.

Man kann auch die Bleche auf einer Biegemaschine zu einer Röhre zusammenbiegen, letztere an den Rändern durch eine Löthrohrstichflamme glühend machen und dann mittelst Hammerschlägen zusammenschweissen. Endlich kann man auch die Längsnaht der Röhren durch Löthen, Nieten, Schrauben oder Falzen schliessen.

Röhren, welche keinen grossen Druck auszuhalten haben (wie z. B. Gasröhren), erhalten einen flachviereckigen Querschnitt von überall gleicher Dicke. Ihre Kanten werden demgemäss stumpf gegen einander gebogen und durch den Druck einer hinübergeführten Rolle zusammengeschweisst. Solche Röhren können keine starken Biegungen ertragen. Bei Röhren für höheren Druck (z. B. Dampfröhren) werden die Längskanten schräg abgehobelt (zugeschärft), die Ränder übereinandergelegt (überlappt) und dann zusammengeschweisst. Zum Abschrägen der Kanten benutzt man eine lange Ziehbank, auf welcher der Flacheisenstreifen im kalten Zustande durch einen mit Schneidstählen versehenen festen Block gezogen wird, wobei man das Flacheisen mittelst einer Kette ohne Ende in eine Zange einhängt.

Conische Röhren werden durch Walzen hergestellt, Stahlröhren wie die Schmiedeisenröhren durch Ziehen oder Walzen; da das Schweissen bei Stahlröhren grosse Schwierigkeiten bereitet, so können auch gegossene, durch Schneiden über dem Dorn sorgfältig gedichtete und gestreckte, hohle Cylinder weiter gezogen und gewalzt werden.

Um Röhren aus Flusseisen, Flussstahl, auch Kupfer oder Messing in den verschiedensten Durchmessern und Wandstärken aus einem weissglühenden massiven Stabe zu walzen, haben die Gebrüder Mannesmann ein Schrägwalzwerk construirt, bei welchem die Achsen der beiden conischen, nach derselben Richtung rotirenden Stahlwalzen sich unter einem spitzen Winkel kreuzen. Wird ein Arbeitssück in der Richtung der Halbirungslinie dieses Kreuzungswinkels den Walzen zugeführt, so erhält es neben einer Längsbewegung noch eine gewaltsame Drehung und macht also eine Schraubenbewegung. Die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen ist an der Eintrittsstelle des Arbeitsstückes kleiner und wird wegen der conischen Gestalt der Walzen gegen die Austrittsstelle immer grösser, dadurch wird zwischen Ein- und Austrittsstelle die Oberfläche des Arbeitsstückes in der Richtung der Schraubenbewegung gedehnt und bis zu einer gewissen Tiefe über den langsamer fortschreitenden Kern hinweggestreift und es entsteht ein Rohr mit glatter Oberfläche und rauher Innenfläche. Um eine glatte Innenfläche und damit eine gleichmässige Wandstärke zu erzielen, walzt man das Rohr über einen glatten Dorn, welcher der Bewegungsrichtung entgegengehalten wird. Auch lässt sich durch Hinwegschieben der fertigen Röhre über einen Dorn eine Erweiterung und damit eine Vermehrung der Festigkeit der Röhre erzielen.

Bei dem Mannesmann'schen Röhrenwalzverfahren kann man auch Röhren mit allseitig geschlossenem Hohlraum aus einem in seiner Länge ungleich dicken Stabe herstellen, weil die Bildung des Rohres vom Verhältniss der Dicke des Stabes zur Stellung der Walzen abhängt.

Diese nahtlosen Röhren besitzen eine fünf- bis sechsmal grössere Widerstandsfähigkeit gegen Innendruck als die geschweissten und haben eine Zugfestigkeit von 8000—8600 *kg* für das Quadratcentimeter bei 24—17% Dehnung. Man verwendet sie zur Herstellung von Fahrrädern, als Locomotiv-Kesselrohre, als Rohre für Bohrgestänge und Gewehrmäntel u. s. w., ferner zur Erzeugung von Flaschen für sehr hohen Innendruck (z. B. für verdichtete oder verflüssigte Gase).

Das Ablängen der Schmiedeisenröhren erfolgt durch Kreissägen in rothwarmem Zustande, das Richten durch Rollen auf einem ebenen gusseisernen Tisch oder zwischen zwei eisernen Platten, deren obere beschwert wird.

§ 169. Herstellung der Schrauben.

Die Schrauben dienen entweder zur Befestigung von Eisentheilen (Befestigungsschrauben) oder zur Uebertragung der Bewegung (Bewegungsschrauben). Jede Schraube besteht aus der Schraubenspindel oder dem Kern, einem Cylinder mit Gewinde, d. h. mit einer in einer Schraubenlinie umlaufenden Erhöhung, und der Schraubenmutter, einer dem Kern entsprechenden Hohlform.

Bei den Befestigungsschrauben dient gewöhnlich eine zweite Mutter (Gegenmutter) als Schutz gegen das Losdrehen. Die Schrauben besitzen

scharfgängige oder flachgängige Gewinde; bei ersterem ist der Querschnitt des über den Kern vorstehenden Ganges ein gleichschenkeliges, mit seiner Basis auf dem Kern aufsitzendes Dreieck mit einem Spitzenwinkel von 55° (beim Whitworth'schen Schraubensystem) oder ein gleichseitiges Dreieck (beim Sellers'schen Schraubensystem), bei letzterem ein mit einer Seite auf dem Kern aufsitzendes Quadrat oder Rechteck. Je nach der Richtung der Gewinde unterscheidet man rechtsgängige und linksgängige Schrauben; erstere sind die üblicheren. Ausser den scharf- und flachgängigen Schrauben giebt es auch rundgängige, bei denen die hohen und vertieften Gänge einer flachgängigen Schraube nach Kreisabschnitten oder Halbkreisen abgerundet sind.

Ferner giebt es ausser den einfachen Schrauben auch doppelte und mehrfache, welche zwei oder mehrere um denselben Cylinder gelegte Gewinde besitzen.

Die Schraubenspindel hat oben einen Kopf, welcher durch Anstauchen (bei dünneren Spindeln vielfach mittelst der sogenannten Kopfpresse) oder durch Aufschweissen gebildet wird. Dieser Kopf wird gerändelt oder mit lappenförmigen Ansätzen versehen, wenn die Schraube mit der Hand gedreht werden soll; er erhält einen Einschnitt oder eine Durchbohrung, wenn zur Umdrehung der Schraube ein scharfkantiger Gegenstand als Hebel benutzt werden soll; man giebt ihm die Gestalt eines vier- oder sechsseitigen Prismas, wenn zur Drehung Schraubenschlüssel dienen sollen, und eine kegelförmige Gestalt, wenn sich der Kopf in eine entsprechende Vertiefung einlegen soll (versenkte Schrauben). Zum Drehen der Schraubenmutter benutzt man meistens einen Schraubenschlüssel (Mutterschlüssel), der mit einer Höhlung (Schrauben- oder Schneidbacke) über die vier- oder sechseckige Mutter gesteckt und dann gedreht wird. Um mit ihm verschiedene Muttern anziehen und lüften zu können, wird der Schraubenschlüssel mit einem verstellbaren Theil ausgestattet (Universal-Schraubenschlüssel oder englischer Schraubenschlüssel).

Die Schraubenspindel wird aus Draht- oder Rundeisenstücken gebildet, seltener aus Gusseisen (durch Giessen) hergestellt, und wenn nöthig auf Fräsmaschinen oder Drehbänken nachgearbeitet; sie wird am einen Ende etwas zugespitzt, um die Gewindeschneidwerkzeuge leichter einführen zu können. Zum Gewindeschneiden benutzt man bei kleinen Schrauben eine gehärtete Stahlplatte (Schraubenschneideisen) mit mehreren Löchern von verschiedener Weite und mit Muttergewinden von verschiedener Feinheit. Die Spindel wird in einen Schraubstock eingespannt, dann die Platte mit einem entsprechenden Loch auf die Spindel aufgesetzt und schliesslich die Drehung bewirkt. Oder man benutzt zum Gewindeschneiden eine Drehbank und schneidet dann die Gänge mittelst des Schneidestahles (Schraubstahles) ein, welcher längs der Spindel wiederholt selbstthätig geführt wird; hierbei dreht sich gewöhnlich die Spindel, während der Stahl die fortschreitende Bewegung macht (Leitspindelbank) oder es verschiebt sich auch die Spindel bei ihrer Drehung und der Stahl liegt fest (Patronenbank). Handelt es sich um Massenherstellung von Schrauben, so benutzt man besondere Schraubenschneidmaschinen (z. B. die von Sellers construirte). Bei grösseren Schrauben verwendet man getheilte schneidende Muttergewinde, deren

Theile (Schraubenbacken) in eine Schraubenschneidkluppe eingespannt sind und allmälig einander genähert werden.

Man kann auch die Schraubengewinde durch Schmieden, durch Auflöthen eines nach der Schraubenlinie um den Kern gewundenen Stäbchens, durch Einfeilen oder Einmeisseln von Kerben längs einer um den Kern herum vorgezeichneten Schraubenlinie herstellen oder die Schrauben mit ihren Gewinden in Gussformen erzeugen, doch gehören alle diese Verfahren bei eisernen Schrauben zu den Ausnahmen.

Die Schraubenmuttern werden zumeist aus vier- oder sechseckigen Schmiedeeisenstücken gebildet, in welchen man zunächst mit einem gewöhnlichen Bohrer eine kreisrunde Oeffnung herstellt (Vorbohrung) und in die man dann einen Schrauben- oder Gewindebohrer mit dem Feilkloben oder einem kleinen Heft oder mit dem Wendeisen (einer zur Aufnahme des Bohrerhalses mit viereckigen Löchern versehenen und mit zwei Stielen ausgestatteten Platte) absatzweise nach und nach hineindreht, und zwar zuerst den sogenannten Vorbohrer mit der grössten, durch Abfeilen auf drei oder vier Seiten erzeugten Unterbrechung des Gewindes, sodann den Nachschneider mit geringerer und endlich (bei tiefem Gewinde) den Normalbohrer mit sehr geringer Unterbrechung des Gewindes. Man benutzt aber auch zum Gewindeschneiden der Muttern die Drehbank oder besondere Maschinen, welche nach Art der Schmiede- und Lochmaschinen construirt sind.

§ 170. Weitere Bearbeitung der Eisenwaaren.

Zertheilen und Beschneiden der Arbeitsstücke. Zum Zerschneiden der Rohschienen, zum Beschneiden der immer unvollständig ausgebildeten Enden und Ränder von Blechen und Stäben nach dem Walzen und zum Zertheilen der gewöhnlich in mehrfachen Längen gewalzten Formeisen (z. B. Eisenbahnschienen) benutzt man Scheren oder Sägen.

Mittelst Scheren lassen sich nur schwache Arbeitsstücke mit einfachem Querschnitt zerschneiden, also Bleche bis etwa 35 *mm* und Stabeisen bis etwa 70 *mm* Stärke: erstere können in rohwarmem oder kaltem Zustande geschnitten werden, während letztere zur Verminderung des Widerstandes rothglühend gemacht werden müssen. Die Scheren theilt man ein in:

1. Hebelscheren, die nach Art des zweiarmigen, einarmigen oder Winkelhebels construirt sind. Für die schwächsten Bleche und die dünnsten Stabeisen verwendet man Handhebelscheren mit einer Schneidlänge bis 90 *mm* und einer Grifflänge gleich dem 4—5-fachen der Schneidlänge. Ist ein grösserer Widerstand zu überwinden, so benutzt man Stock- oder Bockscheren mit längerem Obergriff und abwärts gebogenem Untergriff, mit welchem die Scheren im Schraubstock eingespannt oder in einem Block befestigt werden, oder Kniehebelscheren, deren Kraftarm im rechten Winkel zur Schneide (dem Blatt) steht, oder Schermaschinen (Wasser- oder Dampfscheren), deren unteres Blatt fest liegt, während das andere um eine wagrechte Achse schwingt. Mit letzteren kann man Rohschienen und einfache Stabeisen zerschneiden.

2. Kreisscheren (Circularscheren), welche aus zwei übereinander liegenden, sich entgegengesetzt drehenden, kreisförmigen, stählernen oder

nur an den Schneiden verstählten, eisernen Scheiben bestehen, die am Umfange scherenartig zugeschärft sind und an der Berührungsstelle wie die Schneiden einer Schere liegen. Sie haben gegenüber der Hebelschere den Vortheil der continuirlichen Bewegung, des constanten Schneidewinkels und der schnelleren Arbeit, da sie je nach der Grösse des Blattdurchmessers eine Schnittgeschwindigkeit von etwa 24—48 *m* in der Minute besitzen; ferner kann man mit ihnen kreisförmige Blechscheiben herstellen, wenn man das zwischen die Kreisschere gebrachte Stück an einem Punkt festhält und sich dadurch um diesen Punkt drehen lässt (Rundschneidemaschine). Oft ordnet man bei diesen Rundschneidemaschinen noch ein Ovalwerk zum Schneiden elliptischer Blechscheiben an. Versieht man zwei parallele Wellen mit mehreren Schneidscheiben und ordnet man letztere so an, dass je eine Scheibe der einen Welle zwischen zwei Scheiben der anderen greift, so kann man ein eingeschobenes Blech gleichzeitig in so viele Streifen zerschneiden, als Scheiben vorhanden sind. Kreisscheren lassen sich nur für schwache Bleche verwenden, weil der Scheibendurchmesser mindestens 50mal so gross als die Blechdicke sein muss und sich sehr grosse Scheiben nicht gut herstellen lassen.

3. Parallelscheren (Rahmen- oder Guillotinscheren), bei denen eine Schneide festliegt, die andere in geradliniger Richtung, meist durch Rahmenführung geleitet, auf- und niederbewegt wird. Sie besitzen den Vortheil des constanten Schneidewinkels und lassen sich beliebig lang (Schneidlänge bis 3 *m*) herstellen, so dass man mit ihnen sehr breite Bleche zerschneiden kann.

4. Façonscheren (Drahtscheren) zum Abschneiden von Rundeisen, Draht u. s. w. Sie bestehen aus zwei mit correspondirenden Löchern versehenen drehbaren Scheiben. Durch ein passendes Loch wird das Rundeisen u. s. w. gesteckt, dann wird die eine Scheibe gegen die andere mittelst Hebel verdreht und so das Eisen durchgeschnitten.

Zum Zertheilen schwerer Formeisen und starker Platten benutzt man Sägen, und zwar vorzugsweise Kreissägen (Circularsägen) mit 3—6 *mm* starker, gezahnter Eisen- oder Stahlscheibe von 0·8—1·5 *m* (ausnahmsweise von 2·0 *m*) Durchmesser, die eine Umfangsgeschwindigkeit von 60—80 *m* in der Secunde erhält. Das Arbeitsstück wird im glühenden oder im kalten Zustande zerschnitten; hiernach unterscheidet man Heiss- und Kaltsägen; erstere erhalten einen grösseren Durchmesser und arbeiten daher schneller; sie sind einem geringeren Widerstand ausgesetzt.

Bearbeitung der Flächen. Die Endflächen werden auf Kreissägen oder mittelst gewöhnlicher Drehbänke oder Fräsmaschinen bearbeitet. Bei den Drehbänken liegt das Arbeitsstück fest eingespannt und es bewegt sich der auf der Planscheibe in einem radial verschiebbaren Support befestigte Drehstahl kreisförmig; bei den Fräsmaschinen macht entweder das Arbeitsstück oder der Fräskopf die Seitenbewegung.

Zum Abschroten der Metalloberfläche, zum Abtrennen einzelner Stücke und zur Erzeugung von Einschnitten, Oeffnungen, Rinnen u. s. w. dienen Meissel (Flach-, Kreuz-, Stiel-, Blockmeissel u. s. w.), zum Ebnen von Metallstücken, sowie zum Poliren (Glanzschleifen) Schleifmaschinen mit natürlichen Schleifsteinen aus Sandstein, Schiefer oder Quarz oder besser mit künstlichen Schleifscheiben (sogenannten Schmirgelscheiben), zur Her-

stellung von einfachen oder spiraligen Nuthen Langlochbohrmaschinen oder Nuthmaschinen.

Abdrehen. Zum Abdrehen der Metalle (namentlich der Gussstücke) benutzt man Handstähle, und zwar den Grabstichel mit quadratischem Querschnitt, den Schruppstahl mit runder, bogenförmiger Schneide, den Schlichtstahl mit gerader Schneide, den Ausdrehstahl zum Glattausdrehen tiefer Löcher, den Hakenstahl zum Ausdrehen hohler Gegenstände u. s. w. Zum Abdrehen der Laufräder dienen besondere Räderdrehbänke, zum Abdrehen von Kaliber- und Glattwalzen für Eisenwalzwerke Walzendrehbänke. Zur Massenherstellung von Façonstiften u. dergl. benutzt man Revolverdrehbänke.

Hobeln. Die Seitenflächen breiter Flacheisen werden genau parallel und in richtiger Breite durch Hobeln hergestellt. Bei der Handarbeit benutzt man gewöhnlich Hobel mit eisernen Kästen und steil gestellten starken Eisen (Zahn- oder Schruppeisen) mit einem Zuschärfungswinkel von 60—75°; bei der Maschinenarbeit Schlichthobelmaschinen, Hobelmaschinen mit ruhendem Arbeitstisch, Shaping- oder Feilmaschinen und Bestossmaschinen. Das Hobeln der Blech- und Flacheisenkanten geschieht gewöhnlich auf Schlichthobelmaschinen oder auf Blechkanten-Hobelmaschinen.

Feilen. Für geringe Nacharbeiten oder für die Beseitigung der beim Schneiden, Sägen, Abmeisseln an den Kanten entstehenden Grate benutzt man Feilen. Man unterscheidet einhiebige Feilen mit einer Reihe von Hieben, die einen Winkel von etwa 70° zur Feilenachse bilden, und zweihiebige Feilen mit zwei Reihen sich kreuzender Hiebe; erstere verwendet man bei sehr weichem Metall, letztere bei härteren Arbeitsstücken. Je nach Grösse und Abstand der Zähne, sowie nach dem Querschnitt der Feilen unterscheidet man ferner: Grob-, Vor- und Schlichtfeilen, Dreikant-, Vierkant-, Flach-, Säge-, Rund- und Halbrundfeilen, Vogelzungen u. s. w.

Räderfräsmaschinen oder Universalfräsmaschinen dienen zur Herstellung von Stirn-, Kegel- und Schneckenrädern.

Lochen. Um Löcher in Metall herzustellen, benutzt man den Durchschlag (Hand- oder Stieldurchschlag) mit Lochscheibe als Unterlage, den Hohlmeissel, den Aufhauer oder Stielmeissel nebst Dorn, die Fräse, den Bohrer (Spitzbohrer, Centrumbohrer) mit einem Zuschärfungswinkel von 50—80° und einem Aufstellungswinkel von 4—5° (auf Schmiedeeisen am besten mit einem Schneidewinkel von 54° und auf Gusseisen mit einem solchen von 55°), ferner Bohrmaschinen (feststehende oder verstellbare Senkrecht-Bohrmaschinen, Krahn- oder Radial-Bohrmaschinen, Wagrecht-Bohrmaschinen, Multiplex-Bohrmaschinen, Cylinder-Bohrmaschinen, Zugstangen-Bohrmaschinen) und Lochmaschinen, deren Durchschlag (Lochstempel) gewöhnlich mittelst Hebel bewegt wird und die häufig mit einer Parallelschere (auch wohl mit einer Hebelschere) vereinigt sind. Um gebohrte Löcher durch Abnahme dünner Spänchen auf die richtige Weite zu bringen, genau zu runden und zu glätten, benutzt man eckige oder runde Reibahlen, deren Schneidewinkel grösser ist als 90°.

Drücken. Um Blechgefässe herzustellen, wird das Arbeitsstück über eine Form (Futter, Modell) gespannt und das Ganze auf einer Drehbank in Umdrehung versetzt, dann wird das Metall durch polirte und gehärtete

Stahlkörper (Druckstähle) an das Modell oder in dasselbe gedrückt. Die Modelle bestehen entweder aus hartem Holz oder aus Metall.

Bunziren. Erhabene oder vertiefte Figuren (Zahlen, Buchstaben u. s. w.) werden mittelst runder, hohler, eckiger, 5—10 *cm* langer Stahlstäbchen (Bunzen oder Punzen) hergestellt, die an einem Ende, der Aufsetzfläche, die Figuren eingravirt oder erhaben erhalten und mit dem Bunzenhammer in das Metall getrieben werden. Die einfachsten Bunzen sind Körner und Durchschläge. Grössere Bunzen, die mit ihrer Aufsetzfläche die ganze Arbeitsfläche oder wenigstens einen grossen Theil derselben bedecken, nennt man Stempel. Besitzt der Stempel eine viereckige Aufsetzfläche, so dass mit ihm rechtwinkelige Vertiefungen oder Ansätze erzeugt werden können, und ist er mit einem Stiel versehen, so nennt man ihn Setzhammer. Rund ausgeschweifte Ansätze werden mit dem runden Setzhammer hervorgebracht, dessen Aufsetzfläche ein Cylinderabschnitt ist. Als Unterlage für die Stempel dient bei der Bearbeitung des Arbeitsstückes im kalten Zustande die Stanze (Matrize). Soll nur eine Seite des Arbeitsstückes Formveränderungen erleiden, so genügt zur Bearbeitung allein die entsprechend gestaltete Stanze, in allen anderen Fällen sind Stempel und Stanze anzuwenden. Werden diese Formen zur Bearbeitung glühend gemachten Eisens benutzt, so heissen sie Gesenke (vergl. § 166). Das Eindrücken der Stempel geschieht mittelst Fallwerkes, Stosswerkes oder Presse; benutzt man zum Schlagen den Handhammer, so erhalten die Formen eine sichere Führung (z. B. durch ein Schlagwerk). Wenn ein Blech Eindrücke erhalten soll, die auf der anderen Seite erhaben erscheinen sollen, so trägt man auf das Blech eine Mischung von Pech und Ziegelmehl (Treibpech) auf oder legt es auf eine weiche Bleiunterlage. Um das Arbeitsstück allseitig wenden zu können, legt man das Arbeitsstück mit dem Treibpech auf eine in einen Ring gelegte Metall-Halbkugel (Treibkugel).

§ 171. Verbindungen der Eisentheile.

Eisentheile können verbunden werden:

1. Durch Schweissen. Die Eisenstücke werden im Schweissofen gehörig erhitzt und dann durch Hämmern, unter Pressen oder mittelst Walzen oder besonderer Schweissmaschinen mit einander vereinigt. (Vergl. § 166.)

2. Durch Löthen. Man unterscheidet Weich- und Hartloth; ersteres besteht aus einer Legierung von 2—10 Theilen Zinn, 1—4 Theilen Blei und 1 Theil Wismuth oder nur aus einer Legierung von 10 Theilen Zinn und 4—20 Theilen Blei; es schmilzt schnell, ist weich und besitzt eine weisse Farbe. Das Hartloth besteht aus 3—7 Theilen Messingblechabfall und 1 Theil (auch 2—5 Theilen) Zink; es schmilzt schwer und ist so hart, dass es kräftigen Hammerschlägen zu widerstehen vermag. — Vor dem Löthen sind die Löthflächen durch Feilen, Schaben, Kratzen oder Beizen zu reinigen und bei Verwendung von Weichloth durch Lothwasser (eine Auflösung von Zink in Salzsäure) gegen Oxydation zu schützen, wodurch gleichzeitig das Loth flüssiger gemacht wird, oder zu diesem Zweck mit Chlorzink-Ammonium, in Wasser aufgelöst, zu begiessen, bei Benutzung von Hartloth dagegen mit Borax oder phosphorsaurem Natron zu behandeln, welche die Oxyde auflösen und einen glasartigen Ueberzug bilden. Als *Werkzeug* benutzt man den Löthkolben (Hammer- und Spitzkolben).

3. Durch Vernietungen. Die Niete sind cylindrische (selten prismatische) Stifte, welche schon vor ihrem Gebrauch mit einem Kopf (Setzkopf) versehen werden, während der zweite zum Schliessen der Nietung bestimmte Kopf (Schliesskopf) erst nach dem Einziehen des Nietes in das Nietloch gebildet werden kann. Die Nietbolzen werden aus kurzen Drahtstücken oder, falls kräftigere Stifte erforderlich sind, aus Rundstangenabschnitten in der Glühhitze durch Anstauchen des einen Endes mittelst Hammerschläge oder Anpressen hergestellt, indem man das Drahtstück hierbei in einen kleinen Schraubstock oder in eine besondere Kluppe (Nietkluppe) so einspannt, dass ein zur Bildung des Setzkopfes genügend langes Stück aus den Backen herausragt, das dann breitgeklopft oder gepresst wird, und das Stangenstück in einem Nageleisen oder in einem Nietamboss festhält und dann das vorstehende Ende mit einem Feder- oder Tritthammer bearbeitet. Handelt es sich um Massenherstellung von Nietbolzen, so benutzt man besondere Nietmaschinen, die als Werkzeug einen Nietstempel mit einem Nageleisen besitzen, dessen Bewegung durch Hebel, Excenter, Kniehebel, Schraube oder Wasserkraft bewirkt wird. Zum Säubern der Nietköpfe (z. B. von dem sich bildenden Grat) kann man besondere Nietputzmaschinen mit scherenartig wirkendem Hohlcylinder verwenden, durch welchen man das Niet, nachdem man es sorgfältig centrirt hat, hindurchdrückt.

Das Vernieten kann mit der Hand oder mittelst Maschinen geschehen. Bei der Handnieterei wird das Niet — zumeist in hellrothwarmem Zustande — durch zwei entsprechend durchbohrte Metallstücke, nachdem man die Nietlöcher gut gereinigt hat, so eingesteckt, dass sein Setzkopf sich an das untere Stück anlehnt, dann wird der Setzkopf entweder durch einen darunter gehaltenen Hammer oder durch eine nach der Kopfform vertiefte Nietpfanne oder durch einen Amboss oder endlich durch einen an einer Kette hängenden oder durch einen verstellbaren Bock unterstützten Vorhalter (Setzhammer oder Keule), unterstützt und schliesslich das aus dem Nietloch herausragende Ende des Bolzens mittelst Hammerschläge oder mittelst Nietstempels (Schelleisens), dessen Aufsetzfläche die umgekehrte Form des Nietkopfes enthält, und der entweder mit der Hand oder mit einem Stiel gehalten wird, kegel- oder kugelförmig zu einem Schliesskopf gestaltet. Vor dem Nieten werden die Metallstücke (Bleche) durch den Nietenzieher, einen Stempel, welcher mit seiner am unteren Ende befindlichen Vertiefung über den bereits eingesteckten Nietbolzen gesteckt und durch Hammerschläge angetrieben wird, scharf aufeinander gepresst. — Bei der Maschinennieterei verwendet man Nietpressen oder Nietmaschinen, bei welchen ein Stempel feststeht und die Stelle der Nietpfanne oder des Vorhalters vertritt, indem sich der Setzkopf gegen ihn anlegt, während der andere Stempel beweglich angeordnet ist und durch Stauchung den Schliesskopf bildet. Zur Bewegung dieses Stempels dient ein Hebel, Kniehebel, Excenter oder eine Schraube, oder man treibt den Stempel mit comprimirter Luft oder mit Dampf- oder Wasserkraft. Die hydraulischen Nietmaschinen können trag- und fahrbar eingerichtet werden. Mit solchen Maschinen lassen sich in der Stunde 120—130 Niete von 18 bis 25 *mm* Durchmesser schliessen.

Sobald der Nietbolzen erkaltet, zieht er die Bleche fester aneinander. Die Vernietung ist so auszuführen, dass nach der Stauchung die Löcher

durch die Niete vollständig ausgefüllt sind. Soll die Nietung wasser- und dampfdicht gemacht werden, so werden die Bleche an den Nietstellen zugeschärft und mittelst stumpfen Meissels und Hammers eng zusammengetrieben (verstemmt). Zum Dichten der Fugen benutzt man auch einen steifen Kitt aus Bleiweiss und Leinölfirniss.

4. Durch Zusammenschrauben mit Befestigungsschrauben (Mutterschrauben). Auch die Schraubenlöcher sind durch Bohrung herzustellen. Das Eindrehen der Schrauben erfolgt mittelst Schraubenziehers oder Schraubenschlüssels (vergl. § 169).

5. Durch Zusammenkitten (vergl. § 238).

6. Durch Zusammenfalzen (nur bei dünnem Blech ausführbar). Man unterscheidet den einfachen und den doppelten Falz und bei letzterem den stehenden und den liegenden. Beim einfachen Falz sind die Blechränder einmal hakenartig umgebogen und werden durch einfaches Einhaken und Andrücken verbunden; beim doppelten Falz sind die Blechränder zweimal umgebogen und daher gegen Aushaken vollständig gesichert. Endlich kann man auch die hakenförmig gebogenen Ränder zweier Bleche mit einem übergeschobenen Falzstreifen versehen, der an beiden Rändern eingebogen ist; durch diese Anordnung wird ebenfalls ein Aushaken unmöglich gemacht. Zur Erzeugung der Falze benutzt man die Falzbohle, die Falzzange, das Schalleisen oder Biege-, Falz- und Zudrückmaschinen.

7. Durch Zusammenkeilen.

§ 172. Rostschutzmittel.

Rost. In vollkommen trockener (wasserfreier) Luft und im Wasser, das keinen Sauerstoff gelöst enthält, bleibt die Oberfläche des Eisens unverändert. Wirken aber Sauerstoff und Wasser gleichzeitig auf das Eisen (z. B. wenn es sich im Freien befindet und vom Regen getroffen wird), so bildet sich auf der Oberfläche des Eisens zunächst kohlensaures Eisenoxydul, welches dann durch den Sauerstoff in Eisenoxydhydrat umgewandelt wird, das einen braunen Ueberzug darstellt und Rost genannt wird. Durch kohlensäurehaltiges Wasser wird Eisen aufgelöst; es bildet sich Eisencarbonat, welches an der Luft zerfällt und Eisenoxydhydrat erzeugt. Durch Schwefelwasserstoff, Chlor, Salzsäure und Essigsäure wird die Rostbildung begünstigt, durch Alkalien und Kalkwasser verhindert. Besonders stark erfolgt das Rosten, wenn Luft und Salzwasser (Wasser mit Chlormagnesium, Kochsalz, Salmiak, Chlorkalium oder Chlorcalcium) auf das Eisen gleichzeitig einwirken. Der Rostüberzug bietet gegen weitere Angriffe der Luft und des Wassers keinen Schutz, da er eine poröse, luft- und wasserdurchlässige Masse bildet, die beim Benetzen schwammartig Wasser ansammelt und lange festhält. Daher setzt sich, falls keine Vorkehrungen dagegen getroffen werden, die Rostbildung ohne Unterbrechung und so lange fort, bis die ganze Metallmasse durchrostet ist. Der Rost vermindert die Festigkeit und Zähigkeit (Tragfähigkeit), sowie die Dauerhaftigkeit des Eisens und muss daher durch geeignete Schutzmittel nach Möglichkeit verhütet werden.

Als Schutzmittel dienen:

1. **Anstriche.** Da die Anstriche in den §§ 259—265 dieses Werkes ausführlich behandelt worden sind, so sollen hier, um Wiederholungen

möglichst zu vermeiden, hauptsächlich nur ergänzende Mittheilungen gemacht werden.

Bevor der erste Anstrich (die Grundirung) auf das Eisen aufgetragen wird, ist letzteres sorgfältig von anhaftendem Rost, von etwaigen Resten früherer Anstriche, sowie von Schmutz, Staub u. s. w. zu reinigen. Das Eisen wird zu diesem Zwecke mit Bürsten bearbeitet, dann in ein Bad von verdünnter Salzsäure gelegt, hierauf mit kaltem Wasser abgespült, sodann mit reinem heissem Wasser behandelt und schliesslich getrocknet. Unmittelbar darauf erfolgt die Grundirung (im Freien nur bei trockenem Wetter, sonst in geschlossenen Räumen) mit einem nicht zu dickflüssigen Leinölfirniss, in welchem eine Mineralfarbe — am zweckmässigsten Bleimennige — abgerieben ist, oder mit Spiritus-Lackfirniss (Harz in Spiritus aufgelöst und oft mit Eisenmennige vermischt). Diese Farbe wird in dünner Schicht aufgetragen, damit sie möglichst schnell trockne. Da sich abends bei Wärmeabnahme leicht Wasser auf das stark abkühlende Eisen niederschlägt und sich mit dem noch nicht genügend getrockneten Anstrich emulsionsartig mischt, wodurch die Haltbarkeit der Grundirung sehr vermindert wird, so muss man einen möglichst schnell trocknenden Firniss verwenden. Wird die Anstreichmasse zu dickflüssig gewählt, so lassen sich nicht alle Unebenheiten der Metallflächen treffen und ausfüllen, auch bilden sich dann Luftblasen im Anstrich, welche in Folge der Verlängerungen oder Verkürzungen des Eisens bei zunehmender oder abnehmender Temperatur ein Zerreissen der Farbdecke veranlassen.

Nachdem der erste Anstrich gut getrocknet ist, folgt der Deckanstrich, zu welchem man Oelfarben aus Leinöl- oder Spiritus-Lackfirniss, am besten mit Bleiweiss oder mit Zinkstaub (feinstgepulvertem, metallischem Zink) mit Kreidezusatz, Graphit mit Kreidezusatz, Eisenmennige (wenn dieselbe weniger als 20% Thon enthält, andernfalls zieht sie Wasser an und bleibt weich), mit Rathjen's Patentcomposition (einer mit Spiritus angemachten Farbe), mit Zinksulfidfarbe (Griffith's Weiss oder Lithopon, einem Gemenge von Zinkoxyd mit Zinksulfid) u. s. w. verwendet.

Anstriche mit Steinkohlen- oder Holzkohlentheer (mit oder ohne Zusatz von Kalkstaub und Terpentinöl) empfehlen sich aus den am Schlusse des § 252 angeführten Gründen hauptsächlich nur zu Gas- und Wasserleitungsröhren.

Asphalt- oder Eisenlackanstriche (vergl. § 237) bilden einen sehr guten Schutz gegen den Rost, sind aber theuer und besitzen eine grosse Sprödigkeit. Dasselbe gilt von Wasserglasanstrichen (sogen. Silicatanstrichen, vergl. § 250). Anstriche aus mit Wasser oder besser mit entrahmter Milch angerührtem, feinst gepulvertem, langsam bindendem Portlandcement haben sich sehr gut bewährt; sie haften auf dem Eisen gut und bilden einen sicheren, dauerhaften Schutz, sofern sie nicht zu dünn aufgetragen werden; mit der Zeit nimmt aber ihre Sprödigkeit so zu, dass sie bei starken Erschütterungen leicht abspringen. Sehr empfehlenswerth ist für Eisenwaaren, die unter Wasser Verwendung finden sollen, ein Anstrich mit einer Lösung von Kautschuk in flüssigen Oelen (Marineleim, Kautschuköl von Dr. Beckers) oder mit einer dünnen Lösung von Guttapercha in Benzin.

2. **Einreibungen mit Fett, Graphit u. s. w.***) Ein Fettüberzug bildet eine luft- und wasserdichte Decke und verhindert deshalb Rostbildung. Im Freien ist jedoch ein solcher Ueberzug nicht anwendbar, weil er in der Sonne abschmilzt und vom Schlagregen abgelöst wird. Da eine Fettschicht beständig weich und klebrig bleibt, so wird man nicht fertige Eisenconstructionen, sondern nur Eisentheile einfetten, um sie rostsicher aufbewahren oder zur Montage versenden zu können. Das Einfetten geschieht mit ungesalzenem geräucherten Speck, mit Talg, mit Vaseline, weichem Paraffin, mit einer Mischung von gelbem Wachs und Unschlitt, mit einer Lösung von Wachs, Terpentinöl und Colophonium u. s. w. Talg ist nicht zu empfehlen, weil er an der Luft ranzig wird, und weil die frei werdenden Fettsäuren das Eisen angreifen und Eisenseife bilden, die eine schmierige, rothbraune, rostähnliche Masse darstellt. Vaseline, Paraffin und Ceresin dagegen erleiden an der Luft keine Veränderungen und greifen das Eisen nicht an. Empfohlen wird auch das von Müller und Mann in Charlottenburg fabricirte Mannocitin, ein mineralisches, in Terpentinöl u. s. w. aufgelöstes Fett, und das von Rosenzweig & Baumann in Cassel in den Handel gebrachte Ferronat, welches aus einer ähnlichen, jedoch mit fein pulverisirter weisser oder gebrannter Magnesia vermengten Masse besteht, sich aber besser streichen lässt und einen festeren Ueberzug bildet.

Einreibungen mit Graphit sind nur dann wirksam, wenn das Metall vorher polirt wird, so dass sich auf seiner Oberfläche nirgends Vertiefungen vorfinden. Auf unpolirtem Metall setzen sich die sehr feinen Graphittheilchen nur in die Vertiefungen ein, während die Erhöhungen in der Metalloberfläche unbedeckt bleiben und daher leicht rosten.

3. **Ueberzug mit anderen Metallen.** Zum Ueberziehen von Eisen benutzt man hauptsächlich Zink und Zinn, aber auch Blei und Kupfer, in einzelnen Fällen auch Nickel, Silber, Gold und bronceartige Legierungen.

Den wirksamsten Schutz gegen Rost bildet ein Zinküberzug, weil sich das Zink mit dem Eisen legiert und letzteres auch nicht rostet, wenn der Zinküberzug stellenweise brüchig und abblätternd geworden ist, da an diesen Stellen die Eisenoberfläche immer noch eine Zink-Eisen-Legierung darstellt. Das Verzinken wird hauptsächlich bei Draht und Blech angewendet, doch kann man auch Eisenconstructionstheile bis 5 *m* Länge und 3 *m* Breite (und darüber) mit Zink überziehen. Das Eisenstück wird zuerst in eine Mischung von 20procentiger Salzsäure und Wasser eingelegt, um seine Oberfläche von anhaftendem Glühspan, von Schlacken u. s. w. zu säubern, dann wird es in einer Salmiaklösung abgespült, in einem geheiztem Raum getrocknet, vorgewärmt und in ein heisses Zinkbad (aus geschmolzenem Rohzink vom spec. Gewichte = 6·9 und einem Schmelzpunkte von 360° *C.*) eingetaucht. Nachdem man das Eisen zur Vermeidung unreiner Anhaftungen in dem Zinkbade einige Male hin und her bewegt hat, nimmt man es aus der Pfanne heraus, reibt es mit Besen und Bürsten ab und trocknet es. Der Zinküberzug wird meistens 0·07—0·12 *mm* dick gewählt.

*) Mit Benutzung des Aufsatzes von J. Spennrath: »Chemische und physikalische Untersuchung der gebräuchlichen Eisenanstriche« in den »Verhandlungen des Vereines zur Förderung des Gewerbefleisses«, 1895, Heft VI.

Einen doppelten Rostschutz erhält man durch Verbleien des verzinkten Eisens. Solche verbleit-verzinkte Bleche finden überall da mit Vortheil Verwendung, wo schweflige Säure oder Salzsäure, denen Zink nicht zu widerstehen vermag, auf die Bleche einwirken (also z. B. zu Eindeckungen der Dächer von chemischen Fabriken, Gasanstalten u. s. w.).

Eine Verbleiung allein ist nicht zu empfehlen, weil sie kostspielig ist und weil das Blei mit dem Eisen keine so feste Verbindung eingeht wie das Zink. Beim Schadhaftwerden des Bleiüberzuges ist demnach ein Rosten des Eisens zu befürchten. Ein Bleiüberzug bildet aber einen wirksamen Schutz gegen Schwefelsäure- und Dampfsäuredämpfe. Man stellt denselben durch Eintauchen des Eisens in ein Bleibad oder durch Aufgiessen von geschmolzenem Blei auf das gereinigte und erhitzte Eisen her. (Siehe: »Handbuch der Architektur«, Th. I, Bd. I, S. 262.)

Verzinnte Eisenbleche (Weissbleche) sind für Bauconstructionen nicht verwendbar, weil der Zinnüberzug nur in sehr dünner Schicht und nur mechanisch am Eisen hängt und leicht schadhaft wird. Wird der Zinnüberzug verletzt, so fangen die frei gewordenen Stellen des Eisens stärker zu rosten an. Dies erklärt sich daraus, dass Zinn und Eisen, wenn sie mit Wasser in Berührung kommen, eine galvanische Kette bilden (Zinn wird negativ elektrisch, Eisen positiv elektrisch), und dass sich bei der Wasserzersetzung der Sauerstoff des Wassers mit dem positiven Element verbindet. Beim verzinkten Eisen ist gerade das Umgekehrte der Fall: das Zink ist positiv und wird allein oxydirt, während selbst das an schadhaften Stellen des Zinkübergusses bloss liegende Eisen unversehrt bleibt.

Soll Eisenblech verzinnt werden, so wird dasselbe in Salzsäure abgebeizt, hierauf geglüht und nach dem Erkalten mit Holzhämmern vom Glühspan befreit, dann kalt gewalzt und durch wiederholtes Behandeln mit verschiedenen Beizmitteln, sowie durch Abscheuern mit feinem Sand und Wasser von allem Rost gesäubert, hierauf getrocknet, sodann in einer Pfanne mit heissem Talg angewärmt, in ein Bad von stark erhitztem unreinem Zinn, auf welchem flüssiger Talg schwimmt, gebracht und in demselben bis zur Bildung eines genügend starken Ueberzuges gelassen, hierauf herausgenommen und auf einem Gestell zum Abtropfen gebracht, alsdann in ein ganz reines, mit einer Talgschicht bedecktes Zinnbad gelegt, herausgenommen, nochmals eingelegt, wieder herausgenommen, zum Abtropfen gebracht, abgekühlt und endlich mit dem unteren Rande in eine mit heissem Talg angefüllte Abtropfpfanne gestellt, um den Saum (die Abtropfkante) zu beseitigen. Schliesslich wird das Blech mit Kleie und Kreide weiss gewischt und mit Lumpen vom Staube gereinigt, worauf es verpackt wird.

Schmiedeiserne Gefässe werden an der zu verzinnenden Oberfläche durch Schaben oder durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure, sowie durch Scheuern mit Sand und Wasser blank geputzt, dann auf einem Kohlenfeuer erwärmt, hierauf mit Colophonium und Salmiak bestrichen und endlich mit geschmolzenem Zinn begossen, welches mit einem an einen Stock gebundenen Wergbüschel auseinander gerieben wird; das überflüssige Zinn wird abgegossen.

Das Verzinnen des Gusseisens, namentlich des grauen, bereitet grosse Schwierigkeiten. Man hat deshalb empfohlen, die Oberfläche des Gusseisens vorher durch Glühen mit Eisenoxyd zu entkohlen oder in

schmiedbaren Guss zu verwandeln. Das Gusseisen wird abgedreht oder durch Beizen sehr blank geputzt, dann wird das Zinn mit Werg und Salmiak auf dem Eisen verrieben und das vorher erhitzte Eisen schnell zum Erkalten gebracht, um das Wiederablaufen des Zinnes zu verhüten.

In Deutschland benutzt man zum Verzinnen der Wohlfeilheit und auch der leichteren Arbeit wegen gleiche Theile Zinn und Blei oder auch auf 5 Theile Zinn 3 Theile Blei. Weisser und glänzender (aber leider auch leichtflüssiger) wird die Verzinnung, wenn man dem Zinn Wismuth hinzusetzt.

Um verzinnten Blechen das Ansehen von gewässertem Seidenband (Moiree) zu geben, erwärmt man sie (nach R. Böttger) auf fast 228° *C.*, damit das Zinn eben flüssig wird, und wirft sie dann sofort in eine Mischung von 2 Gewichtstheilen Zinnchlorür, 4 Theilen Wasser, 1 Theil gewöhnlicher Salpetersäure und 2 Theilen Salzsäure; dadurch wird das in den Zwischenräumen der Zinnkrystalle sich befindende amorphe Zinn beseitigt und es erscheinen eigenthümlich schillernde, sehr feine Krystalle an der ganzen Oberfläche, die besonders glänzend hervortreten, wenn man die Bleche nach dem Trocknen mit einer Lösung aus Schellack, Spiritus und Anilinfarben überzieht. (Vergl. Gottgetreu, a. a. O., Bd. II, S. 96.)

Das Ueberziehen von Eisen oder Stahl mit Kupfer erfolgt ohne oder mit Anwendung des elektrischen Stromes. Im ersteren Falle wird das blank gebeizte Metall in eine Auflösung von Kupfervitriol, Weinstein und Schwefelsäure in Wasser gelegt oder, nachdem es auf die Temperatur des geschmolzenen Kupfers gebracht ist, in ein Bad von geschmolzenem Kupfer eingetaucht, dessen Oberfläche mit einem aus Kryolith und Phosphorsäure bestehenden Fluss überdeckt ist. Bei der Verkupferung auf galvanischem Wege wird das metallische reine Eisen zunächst mit Mennige bestrichen, nach dem Trocknen des Anstriches mit Graphit eingerieben und dann in eine Kupfervitriollösung gelegt, die zum besseren Anhaften des Metallüberzuges und damit das Metall nicht angegriffen wird, einen Zusatz von Cyankalium erhält; man verwendet aber auch organische Alkali-Kupfer-Doppelsalze. Das Eisen wird hierauf mit dem negativen Pol der Kette verbunden, es entsteht alsdann binnen 4—5 Tagen auf der Eisenoberfläche ein etwa 1 *mm* starker Kupferüberzug. Dieser dünne Niederschlag vermag das Eisen nicht genügend gegen Verrosten zu schützen, wenn dasselbe im Freien einer nassen Witterung längere Zeit ausgesetzt ist. Aus diesem Grunde wird eine Verkupferung zweckmässig nur bei Stahldrähten ausgeführt, welche als Spiralfedern (elastische Federn) in Sophas und Matratzen Verwendung finden sollen.

Das Vernickeln wird in der Regel auf galvanischem Wege bewirkt. Als Bad benutzt man am besten schwefelsaures Nickelammoniak mit einem Zusatz von Benzoësäure oder Borsäure. Ohne Benutzung einer galvanischen Batterie verfährt man folgendermaassen: In einem Kupferkessel wird eine Chlorzinklösung erhitzt, derselben Salzsäure und Zinkstaub zugesetzt, so dass das Kupfer einen Zinküberzug erhält, hierauf so viel Nickelchlorür hinzugefügt, bis die Lösung deutlich grau erscheint, sodann das zu vernickelnde Metallstück unter Beifügung von Zinkblechstücken in die Lösung gebracht und mit derselben etwa eine Viertelstunde lang gekocht, hierauf das Metallstück herausgenommen, mit Wasser abgewaschen und schliesslich mit Schlämmkreide geputzt. Das Vernickeln ist ziemlich kostspielig, und bildet nur dann

einen wirksamen Schutz gegen Rostbildung, wenn der Nickelüberzug mindestens 0·5 *mm* Dicke besitzt.

Fleitmann stellt nickelplattirte Eisenbleche und Eisendrähte her, indem er in der Weissglühhitze das durch einen Zusatz von etwa 0·1 % Magnesium schweissbar gemachte Nickel mit dem Eisen oder Stahl zusammenschweisst. Solches auf einer oder auf beiden Seiten nickelplattirte Eisen lässt sich bis zu den dünnsten Blechen auswalzen, ohne dass eine Abtrennung der beiden Metalle stattfindet.

4. Emailliren. Ein vorzügliches Rostschutzmittel und das einzig zuverlässige Schutzmittel für Eisen gegen die Einwirkung ammoniakhaltiger Dämpfe bildet das Emailliren. Dasselbe wird vorzugsweise bei Gussstücken (z. B. Geschirren, Aborts- und Ausgussschüsseln, Wasserleitungsgegenständen) angewendet, und zwar in folgender Weise: Man beizt den zu emaillirenden Gegenstand mit verdünnter Schwefelsäure, scheuert ihn mit scharfem Sand mittelst Drahtbürste, spült ihn mit heissem Wasser ab, trocknet ihn und überzieht ihn hierauf mit einer Grundmasse (Grundemail), welche durch Zusammenschmelzen von Quarz, Borax, Feldspath oder Kryolith, Pulvern und Mischen mit Thon und Magnesia, sowie Mahlen des Gemenges auf einer Glasurmühle gewonnen und mit Wasser dickflüssig angemacht wird. Diese Masse trägt man entweder mit einem Pinsel auf oder giesst sie in, beziehungsweise auf den erwärmten Gegenstand und vertheilt sie durch geschicktes Wenden und Schwenken gleichmässig; den Ueberschuss giesst man ab. Hierauf trocknet man den erwärmten Gegenstand schnell in einem Trockenofen und überzieht ihn dann in gleicher Weise mit einer zweiten Emailschicht (Deckemail), zu welcher man ein leichter schmelzbares Email wählt, das man auf folgende Weise herstellt: Man schmilzt Quarz, Borax, Zinnoxyd, Soda, Salpeter und Magnesia zusammen, pulverisirt die Schmelzmasse, schmilzt sie nochmals zusammen, pulverisirt sie von Neuem und so fort, bis in der Masse keine Blasen mehr vorhanden sind. Dann vermischt man das Pulver mit Quarz, Soda, Zinnoxyd und Magnesia und mahlt das Gemenge auf der Glasurmühle. (Das Deckemail des sogenannten französischen glasirten Eisens besteht aus 130 Theilen Flintglaspulver, 20·5 Theilen Soda und 12 Theilen Borsäure.) Das Einbrennen des Emails geschieht bei hellrother Glühhitze in einem Muffelofen; hierbei geräth das Deckemail vollständig in Fluss. Durch die Grundmasse wird ein Reissen und Abspringen der Deckschicht bei Temperaturwechsel vermieden, das ohne dieselbe eintreten würde, weil sich Eisen und Email verschieden ausdehnen.

Die Güte der Emaillirung lässt sich am einfachsten dadurch prüfen, dass man den emaillirten Gegenstand auf 100° C. erhitzt und dann unmittelbar mit kaltem Wasser in Berührung bringt; hierbei darf das Email, selbst wenn das Verfahren mehrere Male wiederholt wird, weder Sprünge noch Abblätterungen zeigen. Die Emaillirung lässt sich mittelst Metalloxyden in allen möglichen Farben herstellen. Sie empfiehlt sich zur Anwendung auf Eisen auch dann, wenn letzteres durch Sonnenstrahlen weniger stark erhitzt werden soll, weil das emaillirte Eisen den Wärmeeinflüssen weniger zugänglich ist. (Handbuch der Architektur, Th. I, Bd. I, S. 264.)

5. Brüniren (Bräunen). Durch das Brüniren wird auf der Metalloberfläche ein dünner, fest anhaftender, dichter Rostüberzug hergestellt, welcher das Metall je nach seiner Dicke und Stetigkeit mehr oder minder vollständig

und auf die Dauer gegen Rost schützt. Die Erzeugung dieses Ueberzuges geschieht in der verschiedensten Weise. Einige erprobte Verfahren mögen hier in Kürze beschrieben werden.*)

1. Man vermischt 2 *g* Chlorantimon (Spiessglanzbutter, englisches Brünirsalz) mit 8—10 Tropfen Lein- oder Olivenöl, reibt diese Flüssigkeit mit einem wollenen Lappen wiederholt auf das schwach angewärmte Eisen ein, indem man es nach jeder Einreibung, je nach der Witterung, kürzere oder längere Zeit der Einwirkung der Luft aussetzt, reinigt dann das Eisen, wäscht es mit Wasser gut ab, trocknet es und glättet seine Oberfläche mit dem Polirstahl oder reibt weisses Wachs ein oder überzieht die Oberfläche mit einer Lösung von 70 *g* Schellak, 13 *g* Drachenblut und 3 *l* Alkohol.

2. Das Eisen wird gut polirt, dann in einem verschlossenen Gefässe der Einwirkung von Salzsäure- und Salpetersäuredämpfen ausgesetzt oder dreimal mit verdünnter Salzsäure (1 Theil Salzsäure auf 100 Theile Wasser) übergossen, hierauf an der Luft und Sonne getrocknet und endlich mittelst Drahtbürsten von dem lose anhaftenden Rost befreit. Man kann den schönbraunen Ueberzug dadurch dunkler machen, dass man das Eisen mit einer Lösung von 1 Theil Höllenstein und 500 Theilen destillirtem Wasser ein oder mehrere Male beizt. Nach dem Abputzen überzieht man die Metalloberfläche mit Wachs oder Schellackfirniss.

3. Das mit Kalk abgeriebene Eisen wird mit einer Lösung von 3 Theilen Kupfervitriol, 1 Theil Salpetersäure, 1 Theil versüsstem Salpetergeist, 2 Theilen Weingeist und 64 Theilen Regenwasser, der 2 Theile Eisenchlorid vom specifischen Gewichte = 1·5 hinzugesetzt werden, bestrichen und nach dem Antrocknen dieser Flüssigkeit mit Drahtbürsten gut abgerieben; hierauf wird dieses Verfahren noch mehrere Male wiederholt, dann das Eisen mit heissem Wasser abgewaschen, getrocknet und endlich mit Polirstahl geglättet.

4. Auf das gereinigte Eisen wird eine Mischung von 2 Theilen Eisenchlorid, 2 Theilen Chlorantimon, 1 Theil Gallussäure und 4—5 Theilen Wasser mit einem Schwamm aufgetragen, dann wird das Eisen mit Wasser abgespült, getrocknet und mit Leinöl abgerieben. Man erhält auf diese Weise eine schöne, mattgraue Brünirung.

5. Das gut entfettete Eisen wird mit einer Quecksilberchloridlösung bestrichen, nach dem Trocknen derselben mit Hammerschlagpulver abgerieben, dann gut abgewaschen, hierauf in gleicher Weise zum zweiten Male behandelt, sodann mehrere Male mit einer Lösung von Eisenchlorid, Kupfervitriol, Salpetersäure und Weingeist bestrichen, wobei man nach jedem Anstrich das Eisen trocknet und mit Hammerschlagpulver einreibt, hierauf mit einer Lösung von Eisenchlorid und Eisenchlorür, gemischt mit Alkohol und Salpetersäure, angestrichen, nach dem Trocknen 10 Minuten lang in kochendes Wasser getaucht, abgewaschen, noch mehrere Male mit derselben Flüssigkeit behandelt, dann einmal mit sehr verdünnter Schwefelkaliumlösung bestrichen, getrocknet, nochmals in heisses Wasser getaucht, wiederholt mit der letzteren Flüssigkeit, die stufenweise mehr mit Wasser verdünnt wird, behandelt, getrocknet, mit etwas Olivenöl überwischt, in Wasser von 60° C. eingetaucht, mit Wolle kräftig abgerieben und schliesslich schwach eingeölt.

*) Siehe »Technologisches Lexikon« von Brelow, Dammer und Hoyer, Leipzig 1883, S. 140 und 141.

Einen schützenden Ueberzug von Magneteisen stellt Arthur durch Behandlung des Eisens mit überhitztem Dampf und Kohlenwasserstoffen, und de Méritens dadurch her, dass er das Eisen in ein Wasserbad von 70 bis 80° *C.* legt und längere Zeit der Wirkung des elektrischen Stromes aussetzt; hierdurch erfolgt eine Zersetzung des Wassers und es verbindet sich der Sauerstoff desselben mit der Eisenoberfläche und erzeugt auf letzterer einen Ueberzug von Eisenoxyduloxyd. (Siehe: »Stahl und Eisen«, 1886, S. 628.)

Nach dem Barff-Bower'schen sogenannten Inoxydationsverfahren wird auf der Eisenoberfläche ein Eisenoxyduloxydüberzug dadurch hervorgerufen, dass man das Eisenstück zunächst in einem Flammofen mit Generatorfeuerung auf 600—650° *C.* erhitzt und dann der Einwirkung eines Gasstromes aussetzt, wobei die mit erhitzter Luft vermischten Gase in Folge ihres Sauerstoffgehaltes auf der Eisenoberfläche eine rothe Eisenoxydschicht erzeugen. Hierauf lässt man auf das Eisen die unvermischten und unverbrannten Generatorgase einwirken, welche durch ihren Kohlenoxyd- und Kohlenwasserstoffgehalt das Eisenoxyd zu blauem Eisenoxyduloxyd reduciren. Um bei stark entkohltem Schmiedeeisen diese Reduction zu verstärken, wird nachträglich auf das Eisen Wasserdampf von 700° *C.* geleitet. Damit der Ueberzug einen guten Rostschutz gewährt, muss seine Stärke mindestens 0·1 *mm* (bis 0·5 *mm*) betragen; man hat daher das Verfahren so oft zu wiederholen, bis die gewünschte Dicke erzielt ist. Da der Ueberzug wenig Biegsamkeit besitzt, so kann man das Inoxydationsverfahren bei Eisenstücken, die nachträglich noch bearbeitet werden sollen, nicht anwenden. (Siehe: Mehrtens, a. a. O., S. 439.)

§ 173. Feuerschutzmittel.*)

Nach den Ergebnissen der von Kollmann in Oberhausen angestellten Versuche wird die Festigkeit des Eisens bei einer Erwärmung von 300° *C.* auf etwa 90%, von 500° *C.* auf etwa 70% und bei 700° *C.* auf etwa 20% herabgemindert. Da bei Eisenconstructionen eine 4—5fache Sicherheit angenommen wird, so bildet eine Erhitzung von 700° *C.* die Grenze der Haltbarkeit. Diese Temperatur wird bei Bränden in Gebäuden, die nicht grössere Mengen leicht brennbarer Stoffe enthalten, kaum überschritten, so dass man in Wohngebäuden, Kirchen, Schulen u. s. w. bei Eisenconstructionen besondere Feuerschutzmittel nicht anzuwenden braucht. In Speichern, Bibliotheken, Archiven u. s. w. dagegen, in denen sich grosse Massen brennbarer Stoffe vorfinden, sowie in allen Gebäuden und Räumen, die zur Aufbewahrung feuergefährlicher Stoffe (Oel, Petroleum, Benzin u. s. w.) dienen, ist bei einem Brande eine bedeutend stärkere Hitze zu erwarten, und es sind daher die Eisenconstructionen in ihnen, damit sie im Stande sind, ihre Lasten zu tragen, mit schlechten Wärmeleitern zu bekleiden. Als Feuerschutzmittel wurden empfohlen:

1. Ummantelungen mit Cementputz oder Beton. Gusseiserne Säulen versieht man mit einem Drahtnetzmantel, der an angegossenen Nasen

*) Siehe: »Versuche über das Verhalten gusseiserner Stützen im Feuer«, »Deutsche Bauzeitung«, 1897, S. 232—234 und 242—248. »Deutsche Bauzeitung«, 1895, S. 274 und 290. — Breymann, Bauconstructionen, 1890, 5. Aufl., Th. IV, S. 11. — »Centralblatt der Bauverwaltung«, 1883, S. 236, u. A.

des Säulenschaftes mittelst Stiftschrauben so befestigt wird, dass zwischen Säule und Drahtnetz ein schmaler Zwischenraum verbleibt, in welchem die Luft circuliren kann. Auf dieses Drahtnetz bringt man dann den Cementputz auf. Bei Verwendung von Beton umgiebt man die Säule mit einem aus zwei Stücken zusammengeschraubten Eisenblechmantel und stampft zwischen ihm und Säulenschaft den Beton ein; nachdem derselbe genügend erhärtet ist, kann der Mantel wieder abgenommen werden. Bei Eisenträgern zwischen Kappengewölben werden die unteren Flansche mit Draht umwickelt, und es wird dieser zum Tragen des Cementputzes benutzt; bei Eisenträgern zwischen Betongewölben umhüllt man die unteren Flansche mit Beton. Abgebundener Cementputz vermag einer sehr starken Erhitzung jedoch nicht zu widerstehen (vergl. § 222), sondern wird durch sie in frischen Cement zurückverwandelt, wobei freier Aetzkalk während der Erhitzung auf die Silicate des Cementes aufschliessend wirkt und sich die lösliche Kieselsäure auf das Doppelte bis Dreifache vermehrt. (Siehe: »Deutsche Bauzeitung«, 1897, S. 243.)

2. Umhüllung mit Steinen. Sie kommt nur bei Eisenträgern zwischen Kappen zur Anwendung. Man benutzt hierzu sogenannte Widerlagerformsteine, z. B. die der Muldensteiner Werke bei Bitterfeld, die mit einer Schrägfläche unter den Trägerflansch greifen; die verbleibende Oeffnung wird durch eine kleine Ziegelplatte so verschlossen, dass zwischen dieser und dem Eisen eine Luftschicht verbleibt, oder mit Cementbeton ausgefüllt.

3. Ummantelung mit Monierconstruction (vergl. § 231). Man stellt entweder eine abnehmbare, aus mehreren etwa 4 *cm* starken Monierschalen gebildete Ummantelung her, welche durch eine 2—3 *cm* starke Luftschicht von dem Eisenstücke entfernt und durch umgelegte eiserne Schellen zusammengehalten wird, oder eine nicht abnehmbare, indem man am besten einen Blechmantel als Formkasten benutzt.

4. Ummantelung mit patentirten Korksteinen (vergl. § 99). Die gepressten, 4—5 *cm* starken Korksteinsegmente werden um die Stütze herumgelegt und die Fugen mit einer besonderen Masse verstrichen; die Umhüllung wird mit einem Blechmantel umkleidet. Empfohlen wird auch ein 4 *cm* starker Korksteinmantel, dessen innere Hälfte aus einem Gemenge von zerkleinertem Tuffstein, Asbestfasern und Kieselguhr besteht. Auch hat man einen 5 *cm* starken Korksteinmantel mit äusserem und innerem Blechmantel und Luftschicht statt der letzteren Anordnung mit gleich gutem Erfolge angewendet. Ferner hat sich bei den Versuchen der Hamburger Baucommission eine Ummantelung aus 4 *cm* Korkstein und 1 *cm* Cementputz mit dazwischen liegendem Drahtnetz und Ueberdeckung des Mantels mit Blech gut bewährt. (Siehe »Deutsche Bauzeitung«, 1897, S. 244.)

5. Abnehmbare Ummantelung mit Asbest-Kieselguhr (vergl. § 225, 19) aus zwei zusammengenähten Matten aus reinem Asbest mit einer Einlage aus 75 % Asbestfasern und 25 % calcinirtem Kieselguhr (als Isolirungsstoff). Dieser Schutz hat sich bei den genannten Versuchen ausserordentlich bewährt. Nach siebenstündiger Erwärmung bei 1200—1250° Temperatur war die Tragfähigkeit der Säule noch nicht erschöpft. Der Mantel hatte eine Dicke von 5 *cm*. Auch ein 4 *cm* starker Mantel, welcher aus zwei Schalenpaaren derselben Masse, jedoch in Pappeform, und einem 2 *mm* starken Blechmantel bestand, gewährte bei den Versuchen einen sehr guten Schutz. (Siehe »Deutsche Bauzeitung«, ebendaselbst.)

6. Abnehmbare Ummantelung mit Asbestcement (vergl. § 225, 17). Zum Zusammenhalten des 4 *cm* starken Mantels ist eine Eisenconstruction erforderlich, die innerhalb oder ausserhalb des Mantels angeordnet werden kann.

Zum feuersicheren Abschluss von Wandöffnungen dienen doppelwandige Eisenblechthüren mit einer Einlage von Asbest, Schlackenwolle, Asche oder einem anderen geeigneten, schlecht wärmeleitenden Stoff oder eiserne Rahmen, deren Füllflächen mit Rabitzputz (vergl. § 212) versehen werden, oder endlich auch Thüren aus möglichst hartem Holz und mit Eisenblechbekleidung.

Die auf Veranlassung des Hamburger Senates von einer Commission technischer Beamten des Hamburger Staates unter dem Vorsitze des Oberingenieurs F. Andreas Meyer in den Jahren 1892 und 1893 mit schmiedeeisernen und im Jahre 1895 mit gusseisernen Stützen angestellten Versuche, bei denen die unter 3—6 aufgeführten Schutzmittel zur Anwendung gelangten, ergaben folgende Resultate (nach dem Vortrage von H. Schüler, gehalten im Architekten- und Ingenieur-Verein zu Hamburg am 19. Februar 1897):

»Schmiedeeiserne Stützen mit offenem Querschnitt büssten nach kurzer Zeit bei Einwirkung einer Temperatur von 600° *C.* und einer Belastung von 1000 *kg* für das Quadratcentimeter ihre Tragfähigkeit ein, gusseiserne Stützen verloren sie bei centrischer Einspannung und 500 *kg* Belastung für das Quadratcentimeter je nach Stärke der Wärmesteigerung nach 33—59 (meistens in 35) Minuten bei einer Eigenwärme von circa 800° *C.* und bei excentrischer Belastung mit 390 *kg* Maximaldruck und 20 *kg* Zug für das Quadratcentimeter nach 37—39 Minuten bei etwa 850° *C.* Ofenwärme.

Die Deformation, beziehungsweise die Zerstörung der gusseisernen Stütze vollzog sich je nach der Wärmesteigerung verschieden schnell und bei ummantelten Stützen bedeutend langsamer als bei nicht ummantelten. Das Anspritzen schadete den Stützen im Allgemeinen erst nach Eintritt ihrer Tragunfähigkeit (also bei etwa 800° *C.* Eigenwärme) durch Bildung von Rissen und Erweiterung vorhandener Risse zum Bruch.

Den weitaus besten Wärmeschutz gewährten die Ummantelungen aus Asbest-Kieselguhr, dann folgten die mit Luftdurchzug durch die Stütze angeordnete Ummantelungen, Combinationen von Korkmasse mit Tuffmasse und Cementputz, Asbestcement, Monier-Construction und Korkstein ohne Cementputz.

Die Anordnung von Luftschichten hat sich nicht bewährt, während sich der Luftdurchzug durch das Innere der Säule als wirksam erwiesen hat. Die Anordnung der Luftschicht vermindert die Widerstandsfähigkeit des Mantels gegen mechanische Einflüsse (z. B. gegen das Anspritzen mit kaltem Wasser), beansprucht einen grösseren Raum und ist unconstructiv.

Die abnehmbaren Ummantelungen haben weder in Bezug auf ihr Wärmeschutzvermögen, noch auf ihre constructive Haltbarkeit sich von den nicht abnehmbaren unterschieden; doch musste bei fester Monier-Construction darauf geachtet werden, dass der Beton in einer Lage dem Gerippe eingefügt wird, da sonst Schichten entstehen, die sich im Feuer sehr leicht von einander lösen können. Eine Blechummantelung ist stets zu empfehlen und in einem Speicher kaum zu entbehren, weil keine von allen Ummantelungen ohne Blechmantel allen Anforderungen genügte.

Am billigsten stellen sich zur Zeit die abnehmbaren Korkummantelungen, dann folgen feste Monier-Ummantelungen, feste Asbestcementummantelungen und am theuersten, aber auch am wirksamsten sind abnehmbare oder feste Ummantelungen mit Asbest-Kieselguhr.

Bei ganz aus Schmiedeeisen construirten Speichern u. s. w. sind der Constructionssicherheit wegen abnehmbare Ummantelungen erwünscht, um stets die Nieten und Schrauben untersuchen zu können.«

Bei allen Eisenconstructionen ist ausserdem dafür zu sorgen, dass sich das Eisen in der Hitze ungehindert ausdehnen kann.

§ 174. Eisen- und Stahlwaren.

I. Gusswaren.

Aus Gusseisen werden hergestellt:

Flanschen- und Muffenröhren für Dampf, Gas, Wasser und Abfallstoffe nebst den zugehörigen Façonstücken, Schiebern, Hähnen und Ventilen. Die Wasserleitungsröhren erhalten einen Durchmesser von 4—100 *cm*, eine Wandstärke von 8—24 *mm*, eine Baulänge von 3 *m* (4 und 5 *cm* weite Röhren von 2 *m*) und werden auf einen Druck von 6—7 Atmosphären geprüft; Gasleitungsröhren werden mit 3·8—91·4 *cm* Durchmesser und in Längen von 1·8—3 *m* (je nach der Röhrenweite) hergestellt; Dampfleitungsröhren mit einem Durchmesser bis zu etwa 20 *cm* bei einer Dampfspannung bis zu 6 Atmosphären. Die Röhren werden am besten in senkrechtstehenden Formen gegossen.

Säulen, und zwar gusseiserne Vollsäulen kreisförmigen Querschnittes mit glatter oder cannelirter Oberfläche und mit Durchmessern von 5—30 *cm*, gusseiserne Hohlsäulen in demselben Querschnitt, ebenfalls mit glatter oder cannelirter Oberfläche und mit Durchmessern von 8—50 *cm*, beide in Längen bis etwa 7 *m*. Bei den Hohlsäulen soll die Wandstärke mindestens 10 *mm*, höchstens 35 *mm* betragen. Auch Säulen werden am besten stehend gegossen, weil die Verschiebung des Gusskernes bei stehend gegossenen Säulen

Consolen.

Volle oder durchbrochene Abdeckplatten von 7·5—40 *mm* Dicke, 300—600 *mm* Breite und bis 1000 *mm* Länge.

Schuhe für hölzerne Sparren und Streben (z. B. bei Holzeisenbindern, Hänge- und Sprengwerken u. s. w.).

Druckstreben mit kreis- oder kreuzförmigem Querschnitt für Holzeisenbinder.

Dachrinnen von 130—210 *mm* lichter Weite und 110—225 *mm* Höhe.

Dachfenster von 400—800 *mm* Höhe und 350—500 *mm* Weite.

Dachziegel mit oder ohne Emailüberzug, z. B. Facettenziegel vom Eisenwerk Gröditz bei Riesa (Sachsen), die mit einem Asphaltanstrich oder einem verschiedenfarbigen Emailüberzug versehen werden, eine Grösse von 30 auf 30 *cm* und eine Dicke von 2·3 *mm* erhalten und pro Stück 1·5 *kg* wiegen (Fig. 308). Jeder Facettenziegel wird mittelst dreier Drahtnägel auf die Latten befestigt (die Nagelköpfe werden von den sie überdeckenden Nachbarplatten gegen Rost geschützt). Für Traufe, First, Ort, Walmkanten und Kehlen werden besondere Gusseisenziegel und zur Beleuchtung des Dachbodens passende Fenster vom Eisenwerk geliefert.

Oefen und Ofenbestandtheile, glatte, gerippte und ornamentirte Platten, Herdplatten u. s. w., Kohlenkästen, Kessel und Kochgeschirre, Heizthüren für Dampfkessel, Roste, Aschenkasten, Heizkörper für Sammelheizungen u. s. w.

Ornamente (Rosetten, Löwenköpfe u. dergl.), Gitter und Figuren (Statuen, Büsten, Trophäen u. s. w.).

Gartenmöbel, Brunnenschalen, emaillirte Schüsseln für Wasserleitungen, Pissoirs und Closets, Brunnenstöcke.

Wendeltreppen, auch gerade Treppen.

Candelaber und Laternenarme.

Stallkrippen, Raufen u. s. w.

II. Stabeisen.

A. Stangeneisen. Man unterscheidet Grobeisen und Feineisen; nach Karmarsch liegt die Grenze bei etwa 7 cm^2 Querschnittsfläche. Die Normallänge des Stangeneisens beträgt 3 *m*.

Rund- und Vierkant- (Quadrat-) Eisen von 5—250 *mm* Durch messer oder 5—130 *mm* Seitenlänge. Die Durchmesser oder Dicken steigen:

beim deutschen Rund- und Quadrateisen:

zwischen 5 *mm* bis 30 *mm* um je 1 *mm*
» 31 » » 80 » » » 2 »
über 80 » » » 5 »

beim österreichisch-ungarischen Rund- und Quadrateisen:

zwischen 5 *mm* und 20 *mm* um je 1 *mm*
» 20 » » 50 » » » 2 »
» 50 » » 100 » » » 5 »

beim englischen Rundeisen:

zwischen $^1/_8$ Zoll (3·2 *mm*) und $2^1/_4$ Zoll (57·2 *mm*) um je $^1/_{16}$ Zoll (1·6 *mm*)
» $2^3/_8$ » (60·3 ») » $4^1/_4$ » (108·0 ») » » $^1/_8$ » (3·2 »)
» $4^1/_2$ » (114·3 ») » 7 » (177·8 ») » » $^1/_4$ » (6·4 »)

beim englischen Quadrateisen:

zwischen	1/4 Zoll	(6·4 *mm*)	und	2 Zoll	(50·8 *mm*)	um	je	1/16 Zoll	(1·6 *mm*)
»	2 1/8 »	(54·0 »)	»	4 »	(101·6 »)	»	»	1/8 »	(3·2 »)

B. Flacheisen von 4—100 (und mehr) *mm* Breite und 3—7 (und mehr) *mm* Dicke. Grösste Dicke gleich der halben Breite, geringste Dicke gleich 1/24 der Breite. Die Breiten steigen:

in Deutschland:

von 14— 40 *mm*	um je	2 *mm*;	geringste Dicke	3 *mm*
» 42— 70 »	» »	2 od. 4 »	» »	4 »
» 72—100 »	» »	5 »	» »	5 »
über 100 »	» »	5 »	» »	7 »

in Oesterreich-Ungarn:

von 10— 20 *mm*	um je	1 *mm*
» 20— 50 »	» »	2 »
» 50—100 »	» »	5 »

In England hat das Flacheisen bei einer Dicke von:

1/4 Zoll	(6·4 *mm*)	eine Breite von	1/2 Zoll	(12·7 *mm*)	bis 6 Zoll	(152·9 *mm*)
3/8 »	(9·6 »)	» » »	3/4 »	(19·2 »)	» 9 »	(228·6 »)
1/2 »	(12·8 »)	» » »	1 »	(25·4 »)	» 12 »	(304·8 »)
5/8 »	(16·0 »)	» » »	1 1/4 »	(31·8 »)	» 15 »	(381·0 »)
3/4 »	(19·2 »)	» » »	1 1/2 »	(38·1 »)	» 16 »	(406·4 »)
7/8 »	(22·2 »)	» » »	1 3/4 »	(44·6 »)	» 14 »	(355·6 »)
1 »	(25·4 »)	» » »	2 »	(50·8 »)	» 15 »	(381·0 »)
1 1/8 »	(28·6 »)	» » »	2 1/4 »	(57·2 »)	» 13 »	(330·2 »)
1 1/4 »	(31·8 »)	» » »	2 1/2 »	(63·5 »)	» 12 »	(304·8 »)
1 3/8 »	(35·0 »)	» » »	2 3/4 »	(70.0 »)	» 11 »	(279·4 »)
1 1/2 »	(38·2 »)	» » »	3 »	(76·2 »)	» 10 »	(254·0 »)

C. Bandeisen. Die deutsche Bandeisenlehre ist folgende:

Nummer:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dicke:	5·5	5·25	5	4·75	4·5	4·25	4	3·75	3·5	3·25	3	2·75	2·5 *mm*

c) Nieteisen, besonders zähes Rundeisen von 10—26 *mm* Durchmesser.

d) Ketteneisen, desgleichen, bis 50 *mm* Durchmesser.

e) Muttereisen, Flacheisen zu Schraubenmuttern.

f) Sechs- und Achtkanteisen, zur Herstellung von Schraubenmuttern u. s. w.

Stangeneisen wird in der Regel in Bündeln von 50 *kg* in den Handel gebracht.

D. Formeisen (Façoneisen).

a) Halbrundeisen mit halbkreisförmigem (Fig. 309) oder kreissegmentförmigem Querschnitt (Fig. 310). Mindestdicke 10 *mm* (bei den schmalsten Eisen);

b) Reifeneisen (Fig. 311, *a*—*c*);

c) Fenstereisen (Sprosseneisen) zur Herstellung schmiedeeisener Fenster, Glasveranden, Treib- und Palmenhäusern, Deckenlichtern u. s. w. oder zur Anfertigung einzelner Sprossen bei sonst aus Holz hergestellten Fenstern und Thüren. Man unterscheidet halbe (*a*) und ganze (*b*) Fenstereisen. Von den sehr zahlreichen Profilen zeigen Figuren 312—318 einige der gebräuchlichsten. In neuester Zeit benutzt man auch hierzu profilirte Zinkblechstäbe mit oder ohne Eisenkern;

d) Ovaleisen (Fig. 319);

e) Geländereisen für Treppen, Balkone, Terrassen u. s. w., und zwar Handleisteneisen (Fig. 320) von 40—120 *mm* Breite (B) und 18—54 *mm* Höhe (h) bei einer Dicke (d) von 0·2 der Breite, abgeflachte Rundeisen (Fig. 321, *a*—*c*), hohle und abgeplattete Ringsegment-Profile (Fig. 322, *a* und *b*) u. s. w;

f) Dreikanteisen (Fig. 323) und Keileisen (Fig. 324);

g) Hohlkanteisen (Fig. 325, *a* und *b*);

h) Zierleisteneisen zu Decorationen mit den verschiedensten Profilirungen, meistens 18/8—28/10 *mm* Querschnitt (Fig. 326, *a*—*e*), auch Gesimsstäbe mit den verschiedensten Verzierungen (Blättern, Ranken, Bandgeflechten, Perlen, Rosetten, Mäanderzügen u. s. w.) mit 2—5 *mm* Wandstärke und bis 25 *cm* Breite.

i) Gittereisen (Fig. 327, *a* und *b*);

k) Rinneneisen (Fig. 328, *a* und *b*);

l) Kreuzeisen (Fig. 329, *a*—*c*);

m) gewundenes Säulen- oder Kreuzeisen (Fig. 330); — u. s. w.

E. Profileisen (zu den Formeisen gehörend).

a) Deutsche Normalprofile.

1. Doppel ┬= oder I-Eisen von 80—500 *mm* Höhe. Die Breite b des Flansches beträgt bei einer Höhe h bis 250 *mm*: $b = 0·4\,h + 10$ *mm* und bei einer Höhe über 250 *mm*: $b = 0·3\,h + 35$ *mm*. Die Dicke des Steges d beträgt im ersteren Falle $d = 0·03\,h + 1·5$ *mm* und im letzteren Falle $d = 0·036\,h$; die Neigung der inneren Flanschflächen 14%; der Halbmesser $R = d$ und $r = 0·6\,d$ (Fig. 331).

2. ¯|_-Eisen von 30—160 *mm* Höhe. Es beträgt die Breite der Flansche $b = 0·25\,h + 30$ *mm*, die Dicke des Steges $d = 0·035\,h + 3$ *mm* (jedoch auf halbe Millimeter abgerundet), die Dicke des Flansches $t = 0·05\,h + 3$ *mm*, der Halbmesser $R = t$ und $r = \frac{t}{2}$ (Fig. 332).

3. ⊔-Eisen von 30—300 *mm* Höhe. Flanschenbreite $b = 0{\cdot}25h + 25\,mm$; Neigung der inneren Flanschflächen $8^0/_0$; $R = t$ und $r = \frac{t}{2}$ (Fig. 333).

4. Hochstegiges T-Eisen von 20—140 *mm* Höhe und gleicher Breite ($b = h$). Stegdicke und Flanschdicke $d = 0{\cdot}1\,h + 1\,mm$; Neigung im Fuss und auf jeder Seite des Steges $2^0/_0$; Halbmesser $R = d$, $r = \frac{R}{2}$, $r_1 = \frac{R}{4}$ (Fig. 334).

5. Breitfüssiges T-Eisen von 30—100 *mm* Höhe und doppelter Breite (60—200 *mm*). Steg- und Flanschdicke $d = 0{\cdot}15\,h + 1\,mm$; Neigung im Fuss $2^0/_0$, an jeder Seite des Steges $4^0/_0$; Halbmesser $R = d$, $r = \frac{R}{2}$, $r_1 = \frac{R}{4}$ (Fig. 335).

6. Gleichschenkeliges Winkeleisen. Länge der Schenkel: 15—160 *mm* Dicke: 3—19 *mm*; Profile Nr. $1^1/_2$—$3^1/_2$ werden in 2, alle übrigen Profilnummern in 3 Stärken hergestellt. Mindeststärke für Winkeleisen bis 100 *mm* Schenkellänge $d = 0{\cdot}1\,b$, für Winkeleisen über 100 *mm* Schenkellänge $d = \frac{1}{11}\,b$, Halbmesser $R = \frac{1}{2}$ (d min. + d max.); $r = \frac{R}{2}$ (Fig. 336).

7. Ungleichschenkeliges Winkeleisen. 2 Sorten; bei der einen Sorte verhalten sich die Schenkellängen wie $1 : 1^1/_2$, bei der anderen wie 1 : 2. Der kürzere Schenkel hat eine Länge von 20—100 *mm* und eine Dicke von 3—14 (beziehungsweise 16) *mm*; diese Dicke beträgt bei beiden Sorten: d min. $= \frac{B+b}{20}$ (jedoch mit geringen Abweichungen), der Halbmesser $R = \frac{1}{2}$ (d min. + d max.) und $r = \frac{R}{2}$ (Fig. 337).

8. Belageisen (Zorèseisen) von 50—110 *mm* Höhe (h) und 120 bis 240 *mm* Breite (b). Obere Breite a schwankt zwischen 33 und 63 *mm*, Fussbreite c zwischen 21 und 39 *mm*. Die Fussdicke t (zugleich auch der Halbmesser R und r_3) beträgt 5, 6, 7, 8 und 9 *mm*, die Dicke d (auch der Halbmesser r_1) 3, 3·5, 4, 4·5 und 5 *mm*, der Halbmesser $r_2 = d - 0{\cdot}5\,mm$ und $r_4 = 0{\cdot}6\,d + 1{\cdot}3\,mm$ (Fig. 338).

9. Quadranteisen von 500—1500 *mm* Halbmesser (R). Die Dicke d

Ferner sind zu erwähnen die Bulbeisen (Fig. 344), die stumpfwinkeligen und aussergewöhnlichen Winkeleisen (Fig. 345, *a—e*), die aussergewöhnlichen I-Eisen, deren unterer Flansch länger ist als der obere, die eckigen Belageisen (Fig. 346), das Lindsay'sche Formeisen, welches dem Belageisen ähnelt, aus drei Theilen genietet ist und auch wellblechartig benutzt werden kann (siehe: Engineering, 1884, II, S. 214); u. s. w. —

F. Bleche.

a) Schwarzbleche oder Sturzbleche. Für die Dicke dieser Bleche dienen die in den einzelnen Ländern festgestellten Blechlehren. In nachfolgender Tabelle ist die Dillinger- oder ältere deutsche Blechlehre, die Kraft'sche oder neue deutsche Blechlehre, die englische und die französische Blechlehre, die sämmtlich auch für Draht und Bandeisen gelten, zusammengestellt oder in Beziehung gebracht.

Dicke in Millimeter	Neue deutsche Lehre	Dillinger Lehre	Englische Lehre	Französische Lehre
10	Nr. 100	Nr. —	Nr. 2/0	Nr 28
9·4	» 94	» —	» —	» —
8·8	» 88	» —	» 0	» 27
8·2	» 82	» —	» 1	» 26
7·6	» 76	» —	» —	» —
7·0	» 70	» —	» 2	» 25
6·5	» 65	» —	» — (Nr. 3: 6·58 *mm*)	» —
6·0	» 60	» —	» 4	» 24
5·5	» 55	» 1	» 5	» 23
5·0	» 50	» 2	» 6	» —
4·6	» 46	» —	» 7	» 22
4·2	» 42	» — {Nr. 3: 4·5 *mm*; » 4: 4·25 »}	» 8	» 21
3·8	» 38	» — (» 5: 4·00 »)	» 9	» 20
3·4	» 34	» — (» 6: 3·75 »)	» 10	» 19
3·1	» 31	» — (» 7: 3·25 »)	» 11	» 18 (Nr. 17: 3·0 *mm*)
2·8	» 28	» — (» 8: 3·00 »)	» —	» —
2·5	» 25	» 11 {» 9: 2·75 »; » 10: 2·50 »}	» 12	» 16
2·2	» 22	» — (» 12: 2·25 »)	» 13	» 15
2·0	» 20	» 13	» 14	» 14
1·8	» 18	» — (» 14: 1·75 »)	» 15	» 13
1·6	» 16	» — (» 15: 1·50 »)	» 16	» 12 (Nr. 11: 1·6 *mm*)
1·4	» 14	» — (» 16: 1·37 »)	» 17	» 10 (1·5 *mm*)
1·3	» 13	» — (» 17: 1·25 »)	» —	» 9
1·2	» 12	» — (» 18: 1·12 »)	» 18	» 8
1·1	» 11	» —	» 19	» 7
1·0	» 10	» 19	» 20	» 6
0·9	» 9	» — (» 20: 0·87 »)	» 21	» 5
0·8	» 8	» — (» 21: 0·75 »)	» 22	» 4
0·7	» 7	» — (» 22: 0·62 »)	» 23 (Nr. 24: 0·56 *mm*)	» 3
0·6	» 6	» —	» 25	» 2

Dicke in Millimeter	Neue deutsche Lehre	Dillinger Lehre	Englische Lehre	Französische Lehre
0·55	Nr. 5/5	Nr.—	Nr. —	Nr. 1
0·5	» 5	» 23 und 24	» 26	» —
0·45	» 4/5	» — Nr. 25: 0·44 *mm*	» 27	» —
0·4	» 4	» —	» 28	» —
0·37	» 3/7	» 26	» 29	» —
0·34	» 3/4	» —	» 30	» —
0·31	» 3/1	» —	» 31	» —
0·28	» 2/8	» —	» 32	» —
0·26	» 2/6	» —	» 33	» —
0·24	» 2/4	» —	» 34	» —
0·22	» 2/2	» —	» 35	» —
0·2	» 2	» —	» 36	» —

Man unterscheidet:

ganze Tafeln von 1000 *mm* Länge und 650 *mm* Breite (Normalmaasse),

lange halbe Tafeln von 1000 *mm* Länge und 325 *mm* Breite,

breite halbe Tafeln von 500 *mm* Länge und 650 *mm* Breite,

Röhrenbleche von 1000 *mm* Länge und 330, 350, 370 und 390 *mm* Breite oder Normalbreite.

Bei den Blechabmessungen sind Abweichungen von ± 5 *mm* gestattet. Die Bleche kommen in Bündeln von 50 und 25 *kg* in den Handel.

Die Maximallängen betragen je nach der Blechdicke 1600—4500 *mm*, die Maximalbreiten 1000—1500 *mm*; beide bedingen Ueberpreise.

Die feinste Sorte ist das Holzkohlenblech (Siegener Qualität), die zweite Sorte das sehr geschmeidige und besonders zu Bieg- und Falzarbeiten geeignete Coaksblech. In neuerer Zeit wird das Schwarzblech auch aus Flusseisen hergestellt.

Die Schwarzbleche von 5—20 *mm* Dicke nennt man meistens Kessel-

in Stärken von 0·14—7·62 *mm* in 36 Nummern und in Grössen von 0·46 × × 1·525 *m*, 0·51 × 1·675 *m* und 0·61 × 1·83 *m* vor.

c) Weissbleche (verzinnte Eisenbleche).

Normalabmessungen: Einfachformat (Kleinformat) von 265 *mm* Breite und 340 *mm* Länge;

Doppelformat von 340 *mm* Breite und 530 *mm* Länge;

Hochfolioformat von 265 *mm* Breite und 680 *mm* Länge;

Vierfachformat von 530 *mm* Breite und 680 *mm* Länge;

Rinnblechformat von 750 *mm* Länge und 320, 370, 420, 470 und 520 *mm* Breite.

Die Weissbleche werden in Holzkisten versandt, die 300 Tafeln Einfachformat (90 *kg* Netto-Normalgewicht) oder 150 Tafeln Doppelformat oder Hochfolioformat (90 *kg*) oder 75 Tafeln Vierfachformat oder Rinnenblech (90 *kg*) enthalten. Der Preis wird für eine Kiste oder für 100 *kg* Nettogewicht bestimmt.

Als aussergewöhnliche Formate kommen vor 0·45 × 1·3 *m*, 0·65 × 1·3 *m*, 0·915 × 2·13 *m* und 0·45 × 3 *m*.

Weissblech verwendet man im Baufach sehr wenig, und zwar hier und da nur zu Dacheindeckungen, Dachtraufen und Gossen (Abfallröhren), mitunter auch für Klappen u. s. w. Seine Stärke schwankt zwischen 0·16 und 1·15 *mm*.

d) Verzinkte Eisenbleche (galvanisirte Bleche).

Verzinktes Eisenblech ist dauerhafter als Schwarzblech, wiegt pro Quadratmeter etwa 1 *kg* mehr als letzteres und ist für diese Grösse um etwa 0·6 Mark theurer. Man benutzt es an Stelle des Zinkbleches (auch Weissbleches) hauptsächlich zu Dacheindeckungen; ist dasselbe (z. B. wenn es zur Eindeckung von Bahnsteighallen, Hüttenwerken, chemischen Fabriken u. s. w. verwendet wurde) säurehaltigen Dämpfen ausgesetzt, so muss es einen mehrmaligen Oelfarben- oder Asphaltanstrich erhalten.

Man stellt das verzinkte Eisenblech in allen Stärken und Formaten wie das Schwarzblech und Weissblech, auch vernickelt und polirt, in Stärken von 0·1—1·6 *mm* (und mehr) her, aber auch in Tafeln von 1000 × 2000 *mm* und in Längen bis zu 4 *m*. Vor den Zinkblechen haben sie den Vorzug grösserer Billigkeit, grösserer Tragfähigkeit und geringerer Längenveränderung bei Temperaturwechsel.

e) Gewöhnliche oder flache Wellbleche (Fig. 347).

Man benutzt sie zu Dacheindeckungen, Decken- und Wandbekleidungen, Thoren, Thüren und anderen beweglichen Verschlüssen, Treppen u. s. w. und verwendet sie unverzinkt oder verzinkt. Sie werden in Dicken (*d*) von 0·5—6 *mm* mit Wellenhöhen (*h*) von 12—75 *mm*, mit Wellenbreiten (*b*) von 40—230 *mm* (Wellenhöhe kleiner als halbe Wellenbreite) und in Tafeln von 0·65 bis 0·95 *m* Breite und bis 4 *m* Länge hergestellt. Das zu Thor, Thür-, Wand- und Fahrstuhl-Bekleidungen, Rolljalousien, Fensterläden u. s. w. dienende Jalousie-Wellblech kommt in Blechstärken von 0·3—1 *mm*, in Längen von 2—3 *m* und mit Wellenhöhen von 15—30 *mm* bei 40—60 *mm* Wellenbreite in den Handel und wird aus Eisenblech oder Stahlblech hergestellt. Galvanisirtes Wellblech, d. h. verzinktes Wellblech auf galvanischem Wege hergestellt, wird in Deutschland der meist zu dünnen Zinkschicht wegen selten verwendet.

f) Trägerwellblech (Fig. 348).

Man fertigt es aus Schweiss- oder Flusseisenblechen in Stärken von 1—5 *mm*, in Längen bis zu 6 *m* (gewöhnliche Länge 3—4 *m*), in Breiten von 0·45—0·85 *m* je nach Profilhöhe und Blechstärke. Wellenhöhe mindestens gleich oder grösser wie die halbe Wellenbreite; erstere beträgt 15—140 *mm* und die Wellenbreite 30—150 *mm*. Bombirtes (gewölbtes) Trägerwellblech erhält eine Stichhöhe von $^1/_{12}$—$^1/_{10}$. Man benutzt das gewöhnliche, in der Regel verzinkte Trägerwellblech in seinen geringeren Dicken (bis 3 *mm*) zu Dach-, Wand- und Deckenconstructionen, in seinen stärkeren Dicken (3—5 *mm*) hauptsächlich zu Brückenabdeckungen und wenn es sich um grosse Belastungen handelt. Bombirtes Trägerwellblech dient zu Abdeckungen zwischen I-Trägern, zur Herstellung gewölbter, freitragender Wellblechdächer ohne Unterconstruction u. s. w.; es besitzt bei ruhender, gleichmässiger Belastung die 8—10fache, bei beweglicher und einseitiger Belastung die 4—6fache Tragfähigkeit des geraden Wellbleches.

g) Tonnenbleche (gebogene Bleche).

Länge und Breite verschieden, erstere bis etwa 2 *m*; Blechstärke 4—10 *mm*; Grösse bis 4 m^2, Pfeilhöhe $^1/_{12}$—$^1/_8$ Spannweite.

Verwendung: zu Deckenconstructionen (meistens zwischen I-Trägern).

h) Buckelplatten (Fig. 349).

Man erzeugt sie aus Schweiss- oder Flusseisenblechen und giebt ihnen eine quadratische oder rechteckige (auch trapezförmige) Gestalt mit einem Buckel, d. h. mit einer sich kugelsegmentförmig nach den flachen Rändern hin verflachenden Erhöhung. Die Blechdicke beträgt 6—10 *mm*, die Blechbreite 500—1490 *mm*, die Blechlänge meistens ebenso viel oder etwas weniger, die Pfeilhöhe des Buckels 27—130 *mm*, die Breite des ebenen Randes 27—80 *mm*. Liegt die Buckelplatte am Rande ringsum auf, so trägt sie:

bei 7 *mm* Stärke, 40 *mm* Pfeilhöhe und 950 *mm* Länge und Breite eine gleichmässig vertheilte Belastung von 4800 *kg*;

bei 8 *mm* Stärke, 80 *mm* Pfeilhöhe und 1400 *mm* Länge und Breite eine in ihrer Mitte concentrirte Belastung von 7500 *kg*;

bei 8 *mm* Stärke, 120 *mm* Pfeilhöhe und 1400 *mm* Länge und Breite eine in ihrer Mitte concentrirte Belastung von 10.000 *kg*;

bei 7 *mm* Stärke, 75 *mm* Pfeilhöhe und 1250 *mm* Länge und Breite eine in ihrer Mitte concentrirte und auf einer etwa 100 *mm* starken Betonschicht angebrachte Last von 11.750 *kg* — bei Erreichung der Elasticitätsgrenze. Liegt die Platte nur an zwei Seiten auf, so ist ihre Tragfähigkeit eine geringere (im Durchschnitt etwa $^5/_8$ der vorstehenden).

i) Gerippte (gepresste) und gelochte Bleche.

Für Treppenstufen und zum Belegen von Fussböden in Maschinenräumen, Gewächshäusern, auf Balkonen u. s. w. werden vielfach Bleche mit gepressten, sich kreuzenden Rippen verwendet, die in Stärken von 6—10 *mm* (einschliesslich Rippe), in Längen bis zu 3 *m* und in Breiten bis zu 0·9 *m* hergestellt werden. An Stelle der Drahtgitter benutzt man als Kellerfensterverschlüsse, auch für Setzstufen, lüftende Decken u. s. w. gelochte Eisenbleche von 1—5 *mm* Dicke, verschiedener Länge und Breite und in den verschiedensten Mustern.

k) Schmiedeeiserne Dachziegel.

Zum Eindecken von Dächern dienen ausser den Schwarzblech-, Weissblech-, verzinkten Eisenblech-, Wellblech- und Trägerwellblech-Tafeln auch

sogenannte Pfannenbleche aus verzinktem Eisenblech, welche von Jakob Hilgers in Rheinbrohl fabricirt werden. Die Pfannenbleche sind 0·68—1·25 *mm* dick, bis 0·75 *m* breit und bis 2 *m* lang; sie besitzen in der Mitte, sowie an den beiden Längsseiten halbkreisförmige Krümmungen von 20 *mm* Halbmesser. Bei der Eindeckung werden die Bleche so im Verband verlegt, dass sich die gekrümmten Stellen überdecken. Dieselbe Firma stellt auch mittelst Pressen Dachpfannen aus verzinktem Eisenblech her von 81·3 *cm* Länge und 45 *cm* Breite, von denen 3 Stück 1 m^2 eindecken. Figur 350 zeigt eine ganze, Figur 351 eine halbe Pfanne oder Ortpfanne und Figur 352 ein Firstblech. Ferner sind zur Eindeckung von Dächern Panzerdachplatten empfohlen worden, die F. A. Reichel in Leipzig fabricirt. Diese Platten werden aus Eisenblech getrieben und zum Schutze gegen Rost emaillirt. Zur Eindeckung sind erforderlich volle Platten *a* von 31 *cm* Seitenlänge, 44 *cm* Höhe und 37·5 *cm* Breite, von denen 14 Stück 1 m^2 eindecken und zusammen nur circa 7 *kg* wiegen, dreieckige Oberschlussplatten *b*, dreieckige Fussplatten *c*, dreieckige Seitenschlussplatten *d*, halbe Seitenschlussplatten *e*, rechteckige Einfassungsplatten *f* von 31 *cm* Länge und 18·5 *cm* Breite und Firstplatten von 1 *m* Länge und 12·5 *cm* Schenkelbreite (Fig. 353). Ein Stück Dachfläche in geometrischer Ansicht zeigt Figur 354.

G. Draht.

Zum inneren Ausbau (z. B. zu Deckenconstructionen), Drahtgeflechten (Drahtzäunen) u. s. w. benutzt man rohen oder verzinnten, beziehungsweise verzinkten Draht aus Schweisseisen, zu Telegraphenleitungen verzinkten und geglühten Draht aus Flusseisen, zu Telephonleitungen verzinkten Draht aus Flussstahl, zu Drahtseilen schwedischen Holzkohleneisendraht oder Patent-Gussstahldraht mit einem Ueberzug aus in Talg gekochtem Graphit oder aus mit Holztheer vermischtem Leinöl oder aus einer Mischung von 35 *l* gelöschtem Kalk und 50—60 *l* mineralischem oder vegetabilischem Theer, die gekocht wird. Ferner benutzt man Draht zur Herstellung von Ketten und von Drahtbürsten zum Gussputzen.

Der Eisendraht kommt zur Zeit in 42 verschiedenen Sorten im Handel vor in Dicken von 0·2—10 *mm* (siehe oben »Neue deutsche Drahtlehre«). Man unterscheidet Walzdraht, den gröberen auf Walzen erzeugten Draht von 10 bis etwa 5·5 *mm* (ausnahmsweise 4 und 3·8 *mm*) Stärke, und gezogenen Draht, den feineren, mittelst Zieheisen hergestellten Draht von 0·2 bis etwa 3·8 *mm* Stärke, ferner runden Draht mit kreisförmigem Querschnitt, Façon-, Dessin- oder Formdraht mit quadratischem, flachem, trapezförmigem, dreieckigem oder halbrundem Querschnitt, verzinkten Stacheldraht (Zaundraht) mit Stacheln (Fig. 355) und verzinkte Stahldrahtlitzen (wie Stacheldraht, jedoch ohne Stacheln) für Einfriedigungen aller Art. Der Kettendraht wird in Stärken von 5·5—14 *mm* angefertigt. Die Drahtseile erhalten einen Durchmesser von 7—37 *mm*, die Telegraphendrähte von 1·7—5 *mm*, die Telephondrähte von 1·6—2·5 *mm*. Die Drahtgeflechte werden für Wildgatter, Waldeinzäunungen und Spaliere mit 180, 130 und 100 *mm* Maschenweite und in Stärken von 1·8—4·2 *mm*, für Hasen und Baumschulen mit 75 *mm* Maschenweite und in Stärken von 1·6—3·1 *mm*, für Fischteiche (zum Schutze gegen Fischottern) mit 60 *mm* Maschenweite und in Stärken von 1·4—2·8 *mm*, für Hühner- und Taubenhäuser mit 60 und 50 *mm*

Maschenweite und in Stärken von 1·4—2·8 *mm*, für Küken, Kaninchen, Fasanerien mit 40 und 30 *mm* Maschenweite und in Stärken von 1·2—2·5 *mm*, für Schneefanggitter mit 25 *mm* Maschenweite und in Stärken von 1·2—2·2 *mm*, für Vogelkäfige, Fenstergitter und Kornspeicher mit 20 *mm* Maschenweite und in Stärken von 1·1—2 *mm*, für Volièren und Kirchenfenster mit 15 *mm* Maschenweite und in Stärken von 1—1·8 *mm* und für Durchwürfe (Siebe) mit 10 *mm* Maschenweite und in Stärken von 1—1·8 *mm* hergestellt; der Rahmen wird aus 8—10 *mm* starkem Rundeisen gebildet.

Das Binden des Drahtes erfolgt je nach der Drahtdicke in Bunden von 2, 5, 10, 25 und 50 *kg*.

H. Drahtstifte und geschmiedete u. s. w. Nägel.

Drahtstifte werden aus hart gezogenem, nicht geglühtem, rundem oder quadratischem Draht gefertigt, und zwar fast ausschliesslich mit Drahtstiftmaschinen, die je nach der Grösse der Stifte in der Stunde 3000 bis 20.000 Stück liefern. Die Länge der Stifte wird in Millimetern, die Dicke in den Nummern der neuen deutschen Drahtlehre angegeben. Man unterscheidet:

a) Bau- und Schreinerstifte mit flachkegelförmigem Kopf mit Seitenrippen, aufgerauhtem Hals und meist vierkantig pyramidenförmiger Spitze. Damit sie fester sitzen, werden sie auch in ihrer anderweitigen Länge aufgerauht, und es beträgt dann diese Aufrauhung etwas mehr als die untere Hälfte der Stiftlänge. Dicke von Nr. 2—24, Länge je nach der Dicke 6—245 *mm*.

b) Wagnerstifte mit versenkten Köpfen und gerauhtem Hals, Dicke von Nr. 8—17, Länge je nach der Dicke 26—88 *mm*; oder mit gestauchten Köpfen und gerauhtem Hals in Dicken von Nr. 8—15 und in Längen von 26—70 *mm*.

c) Tischlerstifte mit rundem Kopf und aufgerauhtem Hals in Dicken von Nr. 5—12 und in Längen von 12—53 *mm*.

d) Schieferdach- und Dachpappenstifte mit runden flachen Köpfen und aufgerauhtem Hals in Dicken von Nr. 14—17 und in Längen von 35—53 *mm*.

e) Gurt- und Tapeziererstifte mit runden breiten Köpfen und aufgerauhtem Hals in Dicken von Nr. 9—15 und in Längen von 15—35 *mm*.

f) Rohrstifte mit einem Flügel, glatt oder ganz gerauht, in Dicken von Nr. 13 und 14 und in Länge von 44 *mm*.

g) Polsterstifte mit halbkugelförmigen hohlen Blechköpfen in Dicken von Nr. 16 und 17 und in Längen von 18—23 *mm*.

h) Glaserstifte ohne Kopf in Dicken von Nr. 12—15 und in Längen von 14—37 *mm*.

Gerippte Köpfe sind den glatten wegen besseren Haftens der Hammerschläge vorzuziehen; vierkantige Stifte haften besser als runde, schraubenartig gedrehte noch besser als vierkantige. Um ein festeres Sitzen zu erzielen, kann man die glatten Stifte auch durch Einlegen in Schwefelsäure vor dem Einschlagen rauh beizen.

Geschmiedete eiserne Nägel besitzen eine grössere Haltkraft als Drahtstifte. Sie werden in Nagelschmieden oder in Nagelfabriken gefertigt, und zwar die grössten auf Wasserhämmern, die kleineren durch Handarbeit aus vierkantigem Stabeisen (hauptsächlich Krauseisen) und aus gewalztem,

in Streifen zerschnittenem Eisen (Schmiedeeisen). Sehr grosse Nägel werden auf einem oben durchlochten, an der Seite mit einer Rinne versehenen Eisen mittelst Hämmer mit flacher quadratischer Bahn geschmiedet. Gewalzte eiserne Nägel erzeugt man mittelst Nagelmaschinen, die aus zwei übereinander liegenden Walzen bestehen, in denen je eine Hälfte der Nagelform reihenweise eingegraben ist. Ausserdem giebt es noch Maschinennägel (geschnittene Nägel), welche mittelst starker, durch Wasser- oder Dampfkraft getriebener Scheren keilförmig aus geschmiedeten und gewalzten Blechstreifen oder Schienen ausgeschnitten, dann ausgeglüht, geputzt und mittelst Pressen oder Hämmer mit einem Kopf versehen werden. Diese Maschinennägel sind weniger sauber als die geschmiedeten und besitzen ausserdem den Nachtheil, dass die kalt angeschlagenen Köpfe beim Eintreiben der Nägel sehr oft abspringen. Mittelst der Blechnägelmaschine der Wickersham-Nail Comp. in Boston kann man Nägel mit Köpfen und Spitzen fast ohne Abfall aus Blechtafeln schneiden. Endlich stellt man auch Nägel aus Gusseisen her, indem man das geschmolzene Eisen in zweitheilige Sandformen giesst und die Gussstücke dann adoucirt oder tempert; trotzdem besitzen diese gegossenen Nägel eine grosse Sprödigkeit und sind daher wenig brauchbar.

Bei den geschmiedeten Nägeln unterscheidet man:

a) Schiffsnägel, Mühlennägel, Sparrennägel, quadratisch oder flach, mit pyramidenförmigen Köpfen, 120—300 *mm* lang, 10—20 *mm* dick.

b) Bodennägel (für hölzerne Fussböden), quadratisch oder flach, mit pyramidenförmigen Köpfen, Flachköpfen, Querköpfen (die mit dem Nagelschaft die Form eines T bilden und aus zwei ovalen Flachkopf-Flügeln bestehen) oder Dückern (kleinen, dicken, abgedachten oder flachen, leicht in das Holz einzusenkenden Köpfen). Man unterscheidet: extrastarke Bodennägel von 11·5 *cm* Länge (13 *kg* Gewicht pro 1000 Stück), doppelte von 10 *cm* Länge (9·3 *kg* Gewicht pro 1000 Stück) und einfache von 9 *cm* Länge (6·8 *kg* Gewicht pro 1000 Stück).

c) Lattennägel, ganze 8 *cm* lang (5 *kg* Gewicht pro 1000 Stück), halbe etwa 7 *cm* lang; Gestalt dieselbe wie bei den Bodennägeln.

d) Brettnägel, Spundnägel, Dielennägel, Verschlagnägel, flach oder quadratisch, mit pyramidenförmigen Köpfen, Flachköpfen, Querköpfen oder Dückern; ganze 6·5 *cm* lang (4 *kg* Gewicht pro 1000 Stück), halbe 5 *cm* lang (2·5 *kg* Gewicht pro 1000 Stück).

e) Schindelnägel, quadratisch, Kopf aus dem dicken, auf etwa 6 *mm* Länge flachgeschlagenen Ende gebildet, das sich beim Einschlagen in die Schindel umbiegt; 5—7·5 *cm* lang (1·5—2·5 *kg* Gewicht pro 1000 Stück).

f) Schlossnägel, quadratisch, mit Flachköpfen oder Dückern; ganze 4 *cm* lang (1·4 *kg* Gewicht pro 1000 Stück), halbe 2·7 *cm* lang (0·8 *kg* Gewicht pro 1000 Stück).

g) Rohrnägel, Tünchernägel, wie Schlossnägel gestaltet, 2·7 *cm* lang (1 *kg* Gewicht pro 1000 Stück).

h) Verzinkte eiserne Schiefernägel (zum Aufnageln von Schiefertafeln), quadratisch und mit Querköpfen, 4 *cm* lang (2·25 *kg* Gewicht pro 1000 Stück). Ohne Zinküberzug 3 *cm* lang (1·5 *kg* Gewicht pro 1000 Stück).

i) Pliesternägel, 3 *cm* lang (0·9 *kg* Gewicht pro 1000 Stück).

Die Nägel werden in Packeten nach dem Gewicht unter gleichzeitiger ungefährer Angabe der Stückzahl verkauft.

Sehr zu empfehlen ist es, die Nägel oder die zu ihrer Herstellung dienenden Eisenstäbe so zu drehen, dass die Kanten Schraubenlinien bilden, weil derartig gestaltete Nägel fester sitzen als solche mit geraden Kanten. Nach Mothes beträgt die Haltbarkeit eines gedrehten Nagels für das Quadratcentimeter seiner in das Holz eingedrungenen Oberfläche in *kg*:

	von der Hirnseite eingeschlagen	quer gegen die Fasern eingeschlagen
in Eichenholz	125 *kg*	162 *kg*
» Weissbuchenholz	100 »	140 »
» Rothbuchenholz	83 »	129 »
» Lindenholz	41 »	62 »
» Tannenholz	40 »	75 »

Nägelschrauben sind Nägel mit Gewinde von widerhakenartigem Querschnitt; man fertigt sie in Längen von 10—150 *mm*.

Wellblechnägel (wellenartig gestaltet) dienen als Verbindungsstifte für Hölzer und als Ersatz für Zapfen und Schraubbolzen. Ihre Höhe schwankt zwischen 6 und 25 *mm*, ihre Wellenanzahl zwischen 2 und 5.

I. Niete und Schrauben.

Die Niete werden aus Schweisseisen oder Flusseisen mit geschelltem (kugelförmigem) Kopf für feste und dichte Verbindungen, halb oder ganz versenktem Kopf und gehämmertem (kegelförmigem) Kopf, mit Durchmessern von 10—26 *mm* und in Längen von 30—100 *mm* (zwischen den Nietköpfen) hergestellt. Schrauben erhalten einen runden, vier- oder sechskantigen Kopf und eine meistens sechskantige Mutter. Die Bolzenstärke schwankt zwischen 6 und 25 *mm*, die Länge (ohne Kopf gemessen) zwischen 20 und 160 *mm*.

K. Schmiedeeiserne Röhren für Wasser- und Dampfleitungen.

Gas- und Wasserleitungsröhren werden mit Gewinden und Muffen angefertigt und entweder stumpfgeschweisst oder patentgeschweisst geliefert. Die stumpfgeschweissten Röhren kommen in lichten Weiten von 6·25 bis 50·8 *mm* ($^1/_4$—2 Zoll englisch) und mit Wandstärken von 1$^7/_8$—3$^1/_2$ *mm*, schwarz oder verzinkt, die patentgeschweissten in lichten Weiten von 40·25—101·5 *mm* (1$^1/_2$—4 Zoll englisch) und mit Wandstärken von 3·75 bis 6·25 *mm* in den Handel, und zwar mit allen erforderlichen Verbindungsstücken (Kniestücken, T-Stücken, Kreuzstücken, Bogenstücken u. s. w.). Patentgeschweisste Schmiedeeisenröhren für Dampfkessel und Dampfleitungen erhalten einen Aussendurchmesser von 32—305 *mm* (1$^1/_4$—12 Zoll englisch) und eine Wandstärke von 2·25—7·5 *mm*, hart gelöthete und mit bearbeiteten gusseisernen Flanschen ausgestattete Dampfleitungsröhren (auf 10 Atmosphären geprüft und mit 4 *m* Normallänge) eine lichte Weite von 60—400 *mm* und eine Wandstärke von 2·2 bis 3 *mm*, Perkins-Röhren mit Rechts- und Linksgewinde und Muffen für Heisswasserheizungen einen Innendurchmesser von 23 *mm* ($^7/_8$ Zoll englisch) und eine Wandstärke von 4·75 *mm*, Röhren für hohen Druck (für Manometer, hydraulische Pressen u. s. w.) einen Innendurchmesser von 6—50·8 *mm* ($^1/_4$—2 Zoll englisch) und eine Wandstärke von 2—9 *mm*, Brunnen- und Bohrröhren mit langem Gewinde und tonnenförmigen Muffen einen Aussendurchmesser von 33—318 *mm* und eine Wandstärke von 4—8 *mm*, schmiedeeiserne geschweisste Röhren für

Dampf- und Wasserleitungen mit schmiedeeisernen, drehbaren oder aufgelötheten, festen Flanschen einen Aussendurchmesser von 38—191 *mm* ($1\frac{1}{2}$—$7\frac{1}{2}$ Zoll englisch) und eine Wandstärke von 2·25—5·5 *mm*, spiralgeschweisste Schmiedeeisenröhren aus Siemens-Martin-Flusseisen oder Schweisseisen (bis 20 *m* Baulänge) mit Flanschenverbindung und asphaltirt einen äusseren Durchmesser von 157—622 *mm* und eine Wandstärke von 2—6 *mm*, gezogene Schmiedeeisenröhren mit elektrolytischem Kupferüberzug einen äusseren Durchmesser von 80—314 *mm* und eine Wandstärke von 0·5—6 *mm*, schmiedeeiserne verzinnte Dampfheizungsröhren in Längen von 3 *m* aus einem Stück, genietet und gelöthet, eine lichte Weite von 65—270 *mm*, verzinkte Eisenblechröhren für Wind-, Lüftungs- u. s. w. Leitungen einen Rohrdurchmesser von 100—1500 *mm* und eine Wandstärke von 0·5—1·5 *mm*, patentirte schmiedeeiserne geschweisste Röhren mit angewalzter Muffe für Gas- und Wasserleitungen einen Durchmesser von 400—1600 *mm* und eine Wandstärke von 6—35 *mm*, Mannesmann'sche Röhren, Stahlröhren mit Doppelbördel-Flanschverbindung und nahthlos eine lichte Weite von 50—216 *mm* und eine Wandstärke von 3—8 *mm*, Mannesmann'sche Muffen-Stahlröhren eine lichte Weite von 40—175 *mm* und eine Wandstärke von 3—6 *mm*, Mannesmann'sche nahtlose Stahlröhren mit Gewindemuffen für Wasser-, Gas- und Dampfleitungen u. s. w. einen Innendurchmesser von 25—152 *mm* (1—6 Zoll englisch), nahtlose Mannesmann'sche Stahlsiederöhren zu Röhrenkesseln, Dampfleitungen, Heizungsanlagen, Saft- und Säureleitungen u. s. w. einen Aussendurchmesser von 32 bis 229 *mm* ($1\frac{1}{4}$—9 Zoll englisch) und eine Wandstärke von 2·25—5·5 *mm*, Mannesmann'sche Stahlröhren für Fahrräder einen Aussendurchmesser von 5—40 *mm* und eine Wandstärke von 0·5—2·5 *mm*, nahtlose, blank und schwarz gezogene Stahlröhren einen Aussendurchmesser von 6—51 *mm* und eine Wandstärke von 0·5—4 *mm*; — u. s. w.

§ 175. Eigenschaften der Eisen- und Stahlsorten und Prüfung derselben.*)

I. Roheisen.

Die Eigenschaften desselben sind bereits im § 160 erläutert worden.

II. Gusseisen.

Kohlenstoffgehalt: 2—5%. — Specifisches Gewicht: 7·00—7·5 (im Mittel 7·25); es wächst mit dem Gehalt an Kohlenstoff und an fremden Körpern. — Längenausdehnung bei 1° *C.* Temperaturerhöhung = 0·00001075. — Gusseisen schwindet beim Abkühlen um $^1/_{95}$—$^1/_{97}$ in der Länge, $^1/_{48}$ in der Fläche und $^1/_{32}$ im Körper; hierauf ist bei Anfertigung der Zeichnungen für gusseiserne Bautheile Rücksicht zu nehmen. Schmelzpunkt: zwischen 1100 und 1200° *C.*

Festigkeit: auf Druck 5700—9400 *kg*, im Durchschnitt 7500 *kg* für das Quadratcentimeter (nach Mehrtens für gewöhnliches Gusseisen 5000 *kg*, für das beste 10000 *kg* für das Quadratcentimeter), auch nimmt

*) Siehe: Mehrtens, Eisen und Eisenconstructionen u. s. w., Handbuch der Baukunde, Abth. I, Bd. II, Heft 1; Berlin 1887. — Handbuch der Architektur, Th. I, Bd. I, S. 213—260; u. A.

man die Druckfestigkeit gleich dem 3- bis 4-fachen der Zugfestigkeit an); auf Zug 660—2410 *kg*, im Mittel 1200 *kg* für das Quadratcentimeter (nach Mehrtens für sehr unreines Gusseisen 450 *kg*, für gewöhnliches Gusseisen mit 1·5—2% Silicium, 3—3·5% Kohlenstoff, 0·9—1·2% Phosphor und 1% Mangan 1210 *kg*, für das vorzüglichste Gusseisen 2000 *kg* für das Quadratcentimeter); auf Abscherung im Durchschnitt 1500 *kg* für das Quadratcentimeter; auf Biegung je nach der Querschnittsform verschieden, nach Winkler bei rechteckigem Querschnitt im Mittel 2800 *kg* und bei unsymmetrischem I-Querschnitt, je nachdem der Bruch durch Zerreissen oder Zerdrücken eintreten soll, im Mittel 2100, beziehungsweise 5300 *kg* für das Quadratcentimeter; nach Mehrtens für gewöhnliches Gusseisen 2550 *kg*, für vorzügliches 5000 *kg* für das Quadratcentimeter.

Elasticitätsgrenze. Da zuverlässige Versuche zur Bestimmung derselben fehlen, so lassen sich bestimmte Werthe nicht angeben; man schätzt die Elasticitätsgrenze für Zug auf 440—750 *kg* und für Druck auf 1330—1940 *kg* und kann als Mittelwerthe für Zug etwa 600 *kg* und für Druck etwa 1500 *kg* für das Quadratcentimeter annehmen.

Elasticitätsmodul: für Zug und Druck 672000—1730000 *kg*, im Mittel 1000000 *kg*, für Abscherung im Mittel 400000 *kg* für das Quadratcentimeter.

Zulässige Inanspruchnahme für das Quadratcentimeter: nach der Vorschrift der Berliner Baupolizei für Druck 500 *kg*, für Zug 250 *kg* und für Abscherung 200 *kg*. — Ist das Gusseisen von vorzüglicher Beschaffenheit, und sind Gussspannungen nicht zu befürchten, so wird man eine höhere Inanspruchnahme für zulässig erachten können.

Die Festigkeit wird vermehrt durch einen geringen Gehalt des Gusseisens an gebundenem Kohlenstoff (bis etwa 1%), sowie durch mehrmaliges Umschmelzen (bis um 10%, auch mehr) und sie wird vermindert durch einen grossen Kohlenstoffgehalt, durch Erwärmung und durch strenge Kälte; bei letzterer büsst das Gusseisen etwa 3% an Biegungsfestigkeit und etwa 16% an Elasticität ein und widersteht Stosswirkungen weniger gut. Die Zähigkeit des Gusseisens wird durch einen geringen Gehalt an gebundenem Kohlenstoff, durch einen grossen Gehalt an nicht gebundenem Kohlenstoff, durch einen Phosphorgehalt vermindert, während ein geringer Schwefelgehalt sie nicht beeinflusst

Die Härte wird durch einen Phosphor- und Schwefelgehalt nur wenig, durch Mangangehalt und starken Siliciumgehalt, sowie durch rasche Abkühlung dagegen in hohem Grade vermehrt. Ledebur unterscheidet folgende Härtegrade des Gusseisens:

1. Geringste Härte besitzen die graphitreichsten, manganarmen Sorten mit 2—3% Silicium und weniger als 1% Mangan; sie sind mit Schneidewerkzeugen am leichtesten zu bearbeiten.

2. Härter und daher auch schwerer bearbeitbar sind diejenigen Sorten, welche unter 2% und über 3% Silicium enthalten.

3. Grosse Härte zeigen die Sorten mit 1—2% Mangangehalt.

4. Die grösste Härte besitzen Sorten mit 4—5% Mangangehalt, so dass sie sich mit der Feile nur schwer bearbeiten lassen.

Rost. Mit Zunahme der Dichtigkeit und Glätte der Oberfläche wächst der Widerstand des Gusseisens gegen Rosten. In feuchter Luft verliert Guss-

eisen (nach Gruner) innerhalb 20 Tagen an Gewicht etwa 1 *g* für das Quadratdecimeter Oberfläche. Das Gusseisen wird durch angesäuertes Wasser aufgelöst. Es rostet weniger leicht als Schmiedeeisen und Stahl.

Vorschriften und Prüfungen. Nach dem preussischen Ministerialerlass vom 25. November 1891 über Anfertigung, Lieferung und Aufstellung grosser Einsenconstructionen sollen Gussstücke, wenn nicht Hartguss oder besondere Gattungen ausdrücklich vorgeschrieben sind, aus grauem, weichem Eisen sauber und fehlerfrei hergestellt sein. Der vorgeschriebene Flächeninhalt eines Querschnittes muss überall voll vorhanden sein; der Unterschied der Wanddicken darf bei gusseisernen Säulen bis zu 400 *mm* mittlerem äusseren Durchmesser und 4·0 *m* Länge die Grösse von 5 *mm* nicht überschreiten. Bei Säulen von grösseren Abmessungen wird der zulässige Unterschied für je 100 *mm* Mehrdurchmesser und für jedes Meter Mehrlänge um je 0·5 *mm* erhöht. Die Wandstärke soll jedoch in keinem Falle weniger wie 10 *mm* betragen. — Die Zugfestigkeit des Gusseisens soll mindestens 1200 *kg* für das Quadratcentimeter betragen. Ein unbearbeiteter quadratischer Stab von 30 *mm* Seite, auf zwei 1 *m* von einander entfernten Stützen liegend, muss eine allmälig bis zu 450 *kg* zunehmende Belastung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht. (Hierbei soll der Stab nach Woehler bei gewöhnlichem Gusseisen eine bleibende Durchbiegung von 2—4 *mm* und eine volle Durchbiegung von 15—20 *mm*, bei vorzüglichem Gusseisen von 4—5 *mm*, beziehungsweise 20—26 *mm* und bei sprödem Gusseisen von 0—2 *mm*, beziehungsweise 0—15 *mm* zeigen.) Es muss möglich sein, mittelst eines gegen eine rechtwinkelige Kante des Gussstückes mit dem Hammer geführten Schlages einen Eindruck zu erzielen, ohne dass die Kante abspringt.

Dieselben Bestimmungen enthalten die »Normen des Vereines deutscher Eisenhüttenleute 1889 für Bau- und Maschinenguss«, ausserdem schreiben dieselben vor, dass das Eisen feinkörnig und zähe sein und sich mit Meissel und Feile bearbeiten lassen muss.

Ausser den obenerwähnten Prüfungsmethoden wendet man zuweilen auch die sogenannte Schlagprobe an, indem man auf die Mitte einer in Sand gebetteten quadratischen Probeplatte ein Gewicht aus allmälig grösserer Höhe so lange fallen lässt, bis die Platte zerbricht.

Die Wandstärke gusseiserner Säulen prüft man durch Anbohren mittelst dünnen Bohrers, die Tragfähigkeit derselben durch eine Probebelastung mittelst hydraulischer Pressen; die Säulen müssen hierbei, ohne Beschädigungen zu erhalten, mindestens das Doppelte ihrer späteren Belastung aushalten können.

Gewöhnliche Gussstücke werden meistens nur sorgfältig besichtigt. Die Gussstücke sollen nach Mehrtens eine glatte Oberfläche haben, frei von Löchern, Blasen, sichtbaren Poren und sonstigen Fehlern sein, reine Kanten, scharf ausgeprägte Verzierungen, feine Gussnähte und eine saubere, nicht windschiefe oder verworfene Form zeigen und einen kernigen, graufarbigen Bruch besitzen. Aus letzterem lässt sich ein Gehalt an Phosphor oder an wenig Mangan jedoch nicht erkennen.

Als Prüfungsmaschinen für Gusseisen werden empfohlen: die tragbare Probirmaschine der Königl. Eisengiessererei zu Gleiwitz (D. R. P. Nr. 7189), die Maschine von Erdmann Kircheis (D. R. P. Nr. 32778), die

Maschine von Hansen (siehe »Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure«, 1886, S. 125) u. a.

III. Schmiedeeisen.

Kohlenstoffgehalt: 0·05—0·5 %. — Specifisches Gewicht: 7·3—7·9, im Mittel 7·79 (nach dem preussischen Ministerialerlass vom 25. November 1891 soll 1 m^3 Schweisseisen 7800 *kg* und 1 m^3 Flusseisen 7850 *kg* wiegen). Lineare Ausdehnung bei 1° *C.* Temperaturerhöhung: nach Heinzerling 0·0000145 (nach Mehrtens 0·0000118 der ursprünglichen Länge). Schmelzpunkt: für Schweisseisen 1800—2250°, für Flusseisen 1300—1800° *C.*

Festigkeit. Dieselbe ist wegen des faserigen Gefüges des Schmiedeeisens in Richtung der Fasern grösser als normal dazu. Flusseisen besitzt in der Regel eine höhere Festigkeit als Schweisseisen. Es beträgt die Zugfestigkeit *a)* nach Winkler: beim gewalzten Stabeisen im Mittel 3800 *kg*, beim Eisenblech in der Walzrichtung im Mittel 3600 *kg* und senkrecht zu derselben 3100 *kg* für das Quadratcentimeter; *b)* nach Mehrtens:

für die geringste Sorte von Schweisseisen	2500 *kg*	für das Quadratcentimeter
» » » » » Flusseisen . .	3500 »	» » »
» Stab- und Formeisen	3800 »	» » »
» sehr gutes Schweisseisen, Flusseisen, Feinkorneisen (Niete u. Schrauben)	4000 »	» » »
» bestes, zähhartes Flusseisen	4500 »	» » »
» beste Bleche in der Längsrichtung .	3800 »	» » »
» » » » » Querrichtung . .	3600 »	» » »
» bessere Bleche in der Längsrichtung .	3600 »	» » »
» » » » » Querrichtung . .	3300 »	» » »
» gewöhnliche Bleche in der Längsrichtung	3400 »	» » »
» gewöhnliche Bleche in der Querrichtung	3000 »	» » »
» Kastenbleche in der Längsrichtung .	3200 »	» » »

Blechen in der Längsrichtung 25% und in der Querrichtung 18%, bei besseren Blechen in der Längsrichtung 14% und in der Querrichtung 8%, bei gewöhnlichen Blechen in der Längsrichtung 10% und in der Querrichtung 5%, bei Kastenblechen in der Längsrichtung 6% und in der Querrichtung 3% der ursprünglichen Länge nach erfolgtem Bruche beträgt. Gleichzeitig erleidet ein in seiner Längenrichtung auf Zug beanspruchter Eisenstab eine Querschnittsverminderung, und es zeigt sich bei grosser Zugkraft an einer bestimmten Stelle eine auffällige Einschnürung (Contraction), welche ihr Höchstmaass kurz vor dem Zerreissen erreicht. In der Classification des Eisens nach dem »Vereine der Techniker deutscher Eisenbahnen« soll die verhältnissmässige Zusammenziehung des Querschnittes beim Zerreissen betragen: beim Stabeisen 1. Qualität 40%, 2. Qualität 25%, beim Eisenblech 1. Qualität in der Walzrichtung 25%, quer dazu 15%, 2. Qualität in der Walzrichtung 15% und quer dazu 9% des ursprünglichen Querschnittes.

Nach der Grösse der Dehnung und Einschnürung wird die Zähigkeit des Schmiedeeisens beurtheilt. Die Zähigkeit wächst nicht mit der Grösse der Festigkeit, da sehr zähes Eisen nur eine mittlere Festigkeit und sehr festes Eisen nur eine mässige Zähigkeit besitzt, sondern sie nimmt mit dem Grade der Reinheit des Eisens zu. Die Zähigkeit ist sehr gering beim phosphorhaltigen Eisen, sie ist beim Schweisseisen wegen des sehnigen Gefüges in der Regel grösser als beim Flusseisen, bei welchem in Folge des körnigen Gefüges der Bruch stets plötzlich eintritt. Die Zähigkeit wird bei Erwärmung des Eisens bis auf etwa 500° *C.* grösser, bei stärkerer Erhitzung wieder kleiner; in der Kälte ist das Schmiedeeisen spröder als wie bei gewöhnlicher Temperatur.

Die Druckfestigkeit ist nach Tetmajer beim Schweisseisen gleich der Zugfestigkeit desselben, beim Flusseisen um 5% geringer als dieselbe, nach Mehrtens beim Schweisseisen um $2^1/_2$% und beim Flusseisen um 14% geringer als die Zugfestigkeit.

Die Biegungsfestigkeit ist bei I-Trägern nach Winkler gleich der Zugfestigkeit anzunehmen, und sie beträgt nach Kirkaldy 810—1350 *kg*, im Mittel 1080 *kg* für das Quadratcentimeter.

Die Abscherungsfestigkeit ermittelte Kirkaldy zu 3190—5500 *kg*, im Mittel 4510 *kg* für das Quadratcentimeter, und Winkler fand dieselbe zu nahezu gleich $^4/_5$ der Zugfestigkeit.

Die zulässige Inanspruchnahme für das Quadratcentimeter soll nach der Berliner Baupolizei betragen:

	für Zug	Druck	Abscherung
beim Stabeisen	750	750	600 *kg*
» Eisenblech	750	750	600 »
» bombirten Eisenwellblech	500	500	— »
» Eisendraht	1200	—	— »

Besonders gute Eisensorten können jedoch eine weit stärkere zulässige Beanspruchung erhalten; es ist vorgeschlagen worden, bei Hochbauconstructionen für Zug und Druck baupolizeilich 1000—1200 *kg* Beanspruchung für das Quadratcentimeter zu gestatten.

Die Festigkeit ist beim geschmiedeten Eisen grösser als beim gewalzten derselben Sorte, bei schwachen Stücken meist grösser als bei

starken, bei niederen Temperaturen grösser als bei höheren (vergl. § 173 Feuerschutzmittel) und an den Schweissstellen um etwa 3—4% geringer.

Die Zugfestigkeit wird erhöht durch kalte Bearbeitung, durch wiederholte Bearbeitung in warmem Zustande und durch Ablöschen des glühend gemachten Eisens; sie wird vermindert durch Ausglühen und langsames Abkühlen. Façoneisen besitzt umso geringere Festigkeit, je ungleicher die Geschwindigkeit der durch die Walzen gehenden Profilflächentheile ist; T- und I-Eisen, besonders solche mit breiten Flanschen, sind am ungünstigsten, L-Eisen besitzen eine um etwa 4% geringere Festigkeit als Flacheisen und letztere eine um etwa 4% geringere als Rund- und Vierkanteisen. (Siehe »Handbuch der Baukunde«, Th. I, Bd. I, 1885, S. 612 u. 613.)

Nach den Versuchen von Fairbairn, Wöhler u. A. zerbricht bei wiederholter Beanspruchung ein Stab endlich bei einer geringeren Spannung als derjenigen, die bei ruhender Belastung seinen Bruch herbeigeführt haben würde. Findet die wiederholte Beanspruchung innerhalb der gebräuchlichen Sicherheitsgrenzen statt, so wird die Festigkeit dadurch nicht vermindert. Durch fortgesetzte Stosswirkungen wird (nach den Untersuchungen von Johnson) nicht, wie früher vielfach angenommen wurde, das Gefüge des Eisens verändert.

Das Schweisseisen lässt sich schmieden, schweissen, walzen, zu Draht ausziehen, leicht feilen, mit Meissel und Drehstahl gut bearbeiten, kalt biegen und hämmern. Bei letzterer Bearbeitung wird es härter; soll es seine ursprüngliche Weichheit wieder erlangen, so glüht man es aus. Seine Schweissbarkeit wächst mit Abnahme des Kohlenstoffgehaltes, gleichzeitig vermindert sich dabei seine Härte. Ein kohlenstoffarmes Schmiedeeisen lässt sich nicht härten. Nach dem preussischen Ministerialerlass vom 25. November 1891 soll das Schweisseisen dicht, gut stauchbar, gut schweissbar und weder kalt- noch rothbrüchig sein; es soll keine Längsrisse, offene Schweissnähte, Kantenrisse oder sonstige unganze Stellen aufweisen.

Das Flusseisen lässt sich ebenfalls schmieden, schweissen, walzen, pressen u. s. w. Beim Schweissen büsst es an Festigkeit ein, beim Walzen und Pressen vergrössert sich dieselbe, beim Schmieden mit zu leichten Hämmern wird es verdorben. Flusseisen hat eine geringere Schweissbarkeit als Schweisseisen, ist aber fester und dehnbarer und kann daher höher beansprucht werden. Festigkeit und Härte vermindern sich mit Abnahme des Kohlenstoffgehaltes; kohlenstoffarmes Flusseisen ist rothbrüchig. Nach dem preussischen Ministerialerlass vom 25. November 1891 soll Flusseisen glatt gewalzt, ohne Schieferung und Blasen sein und darf weder Kantenrisse noch unganze Stellen haben. Die Schweissbarkeit des Schmiedeisens wird durch einen Gehalt desselben an Kupfer, Antimon, Arsen und Silicium verringert und durch einen Phosphorgehalt vergrössert.

Behufs Feststellung der Festigkeit und sonstigen Beschaffenheit des Schmiedeisens schreibt der preussische Ministerialerlass im § 14 Folgendes vor: Als Proben kommen in Betracht:

I. Proben mit ungetheilten Gebrauchsstücken. Kaltproben: 1. Aussenbesichtigung, 2. Biegeprobe.

II. Proben mit abgetrennten Stücken.

a) Kaltproben: 1. Gewöhnliche Biegeprobe, 2. Biegeprobe durch wiederholtes Hin- und Herbiegen, 3. Lochprobe, 4. Bruchprobe, 5. Zerreissprobe, 6. Verwindungsprobe.

b) Warmproben: 1. Biegeprobe, 2. Härtungsbiegeprobe, 3. Lochprobe, 4. Ausbreit- (Schmiede-) Probe, 5. Stauchprobe, 6. Schweissprobe.

Bei der Vorbereitung der Probestücke und Vornahme der Proben sind im Allgemeinen folgende Vorschriften zu beachten: Die Probestücke, welche zerrissen, ausgedehnt oder gebogen werden sollen, müssen der Prüfung thunlichst in demselben Zustande unterworfen werden, in welchem das betreffende Stück zur Verwendung gelangt. Es ist daher bei der Abtrennung der Probestücke von dem zu untersuchenden Erzeugniss jede Einwirkung auf das Gefüge zu vermeiden. Ausglühen ist, wenn das Stück nicht ebenfalls vor seiner Verwendung oder im Gebrauche ausgeglüht wird, möglichst zu vermeiden. Sofern ein Geraderichten der Probestreifen erforderlich ist, sollen dieselben nur bis zu einem das Gefüge des Stoffes nicht verändernden Hitzegrad mässig angewärmt und in diesem Zustande mittelst Hammerschlägen oder unter einer Presse geradegerichtet und alsdann gleichmässig und allmälig abgekühlt werden. — Alle Kaltproben sollen bei einer Temperatur von nicht unter 10° *C.* vorgenommen werden.

Die Bearbeitung der Probestäbe muss eine solche sein, dass die Wirkung des Scherenschnittes, Auslochens oder Aushauens zuverlässig beseitigt wird. Nicht makellose Stäbe dürfen in keinem Falle zu Probestäben verwendet werden. Im Besonderen ist noch zu beachten:

Bei den Biegeproben: Es sind die Längskanten mit der Feile vorsichtig abzurunden. — Wenn möglich, sind die Probestreifen 400 *mm* lang und 30—50 *mm* breit zu nehmen. Es wird die Anwendung von Pressen oder ähnlichen Vorrichtungen empfohlen, welche das Ergebniss von der Geschicklichkeit oder dem guten Willen der Arbeiter unabhängig machen. — Als Biegewinkel, welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, ist stets der Winkel α (Figur 356) zu betrachten.

Bei der Härtungsbiegeprobe: Die Härtung wird derart bewirkt, dass die Probestreifen schwach rothglühend in Wasser von etwa 28° *C.* abgeschreckt werden.

Bei den Zerreissproben: Die Zurichtung der Zerreissproben in kaltem Zustand darf nur mit genau arbeitenden Maschinen und durch geübte Arbeiter geschehen. Die Form der Probestäbe ist so zu wählen, dass der Theil *a* (Figuren 357 u. 358), welcher den zu prüfenden Querschnitt hat, 200 *mm* (Gebrauchslänge) lang ist. Rundstäbe sollen je nach Bedarf und Möglichkeit auf der Gebrauchslänge *a* einen Durchmesser *d* von 10, 15, 20 oder 25 *mm* erhalten. Flachstäbe sollen auf der Gebrauchslänge einen Querschnitt von 300—600 mm^2 haben; die Breite *b* soll dabei wenigstens 30 *mm* betragen. — Es empfiehlt sich, den auf der Gebrauchslänge *a* hergerichteten Querschnitt nach jeder Seite noch um mindestens 10 *mm* weiter zu führen und erst von da ab die Verstärkungen für die Einspannungen beginnen zu lassen. Wenn ein Probestab in Folge von deutlich erkennbaren Bearbeitungs- oder Stofffehlern oder in Folge von nachweissbar unrichtiger Einspannung eine ungenügende Zerreissprobe liefert, so ist letztere nicht massgebend für die Beurtheilung der Festigkeits- und Dehnungsgrösse. Wenn der Bruch ausserhalb des mittleren Drittels der Gebrauchslänge stattfindet, so ist die Probe zwar für die Festigkeits-, aber nicht für die Dehnungsgrösse massgebend. Wenn dabei die Dehnungsgrösse

als eine ungenügende erscheint, so ist zur richtigen Bestimmung derselben eine neue im mittleren Drittel zum Bruch gelangende Probe zu machen.

Zerreissmaschinen von bestimmter Bauart werden nicht vorgeschrieben, für deren Brauchbarkeit jedoch folgende Grundsätze aufgestellt: Die Belastung des Probestückes darf nicht stossweise erfolgen, sondern muss stetig und langsam vor sich gehen können. Die Einspannvorrichtung muss so beschaffen sein, dass die Mittelachse des Versuchsstabes genau mit der Zugrichtung zusammenfällt. Die Maschine muss leicht und sicher auf ihre Richtigkeit geprüft werden können.

Für die einzelnen Stoffe wird im Uebrigen bezüglich der Art und der Ausführung der Proben folgendes vorgeschrieben:

I. Schweisseisen.

A. Herrichtung und Anzahl der Proben.

Das zu prüfende Stück darf nicht ausgeglüht werden. Von je 100 Stück Stäben oder Platten können drei Proben, und zwar nach Möglichkeit aus den Abfall-Enden, entnommen werden. Wenn dieselben den gestellten Vorschriften genügen, so gelten diese 100 Stäbe oder Platten als angenommen. Genügt eine dieser drei Proben nicht, so darf dafür aus der betreffenden Stoffmenge eine neue entnommen werden. Entspricht diese auch nicht den Anforderungen, so kann das Ganze verworfen werden.

B. Zerreiss- und Dehnungsproben.

Die Mindestbeträge der Zugfestigkeit sind so zu verstehen, dass die Versuchsstücke die angegebenen Belastungen für die Dauer von zwei Minuten tragen müssen; die Mindestbeträge der Dehnung so, dass die Versuchstücke sich um den angegebenen Bruchtheil der Länge von 200 *mm* ausdehnen müssen, wobei die Messung nach erfolgtem Bruche vorzunehmen ist.

C. Sonstige Proben.

1. Bei Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen, Blechen und Trägereisen.

a) Biegeproben; ausgeschnittene Längsstreifen von 30—35 *mm* Breite

b) Stauchproben. Ein Stück Nieteisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich in warmem, der Verwendung entsprechendem Zustande bis auf ein Drittel dieser Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

II. Flusseisen.

A. Herrichtung und Anzahl der Proben.

Das zu prüfende Eisen darf nicht besonders ausgeglüht werden. Es sind daher auch die Versuchsstücke von dem zu untersuchenden Eisen kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten. Es können von je 100 Stück Stäben oder Platten 5 Proben, und zwar nach Möglichkeit aus den Abfall-Enden entnommen werden. Wenn dieselben den gestellten Vorschriften genügen, so gelten diese 100 Stück Stäbe oder Platten als angenommen. Genügt eine dieser Proben nicht, so darf dafür aus der betreffenden Eisenmenge eine neue entnommen werden. Entspricht diese auch nicht den Anforderungen, so können die 100 Stück verworfen werden.

B. Zerreiss- und Dehnungsproben.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 37 *kg* und höchstens 44 *kg* auf das Quadratmillimeter, und zwar in der Längen- und Querrichtung, die Dehnung mindestens 20% für Längs- und Querrichtung betragen. Die Zerreissproben sollen in der Regel 300—600 mm^2 Querschnitt haben und die Beobachtungen auf einer Länge von 200 *mm* vorgenommen werden. Die Mindestbeträge der Zerreissfestigkeit sind so zu verstehen, dass die Versuchsstücke sich um den angegebenen Bruchtheil der Länge von 200 *mm* ausdehnen müssen, wobei die Messung nach erfolgtem Bruche vorzunehmen ist.

C. Sonstige Proben.

Bei Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen, Blechen und Trägereisen.

a) Biegeprobe. Streifen von 30—50 *mm* Breite mit abgefeilten runden Kanten oder Rund- oder Vierkanteisen sollen kalt gebogen eine Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich der halben Dicke des Versuchsstückes bilden können, ohne irgend welche Risse zu zeigen. Eine versuchte Härtung darf das Ergebniss der Biegeprobe nicht ungünstig beeinflussen.

b) Stauchproben. Ein Stück Rundeisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich in warmem, der Verwendung entsprechendem Zustande bis auf ein Drittel dieser Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

Anmerkung. Bei den Warmproben ist der schwarzwarme Zustand zu vermeiden, weil die Bearbeitung in diesem Zustande schädlich wirkt. —

Ueber die Festigkeit und Dehnung des Schweisseisens schreibt der preussische Ministerialerlass Folgendes vor:

1. Rund-, Quadrat-, Flach- und Winkeleisen, Bleche.

Zugfestigkeit bei einer Dicke von:

	5—10 *mm* einschliesslich	= 36 *kg*	für das Quadratmillimeter
über	10—15 » »	= 35 »	» » »
»	15—25 » »	= 34 »	» » »

Dehnung in allen Fällen 12%.

Für Bleche gelten die vorstehenden Werthe nur, wenn die Bleche im Wesentlichen in der Längsrichtung beansprucht werden. Bei Blechen mit ausgesprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegungsspannungen aufzunehmen haben (z. B. Stegbleche von Blechträgern, Kragträgern, Eckver-

steifungen) soll die Zugfestigkeit in der Längsrichtung 35 *kg* für das Quadratmillimeter und die Dehnung 10%, in der Querrichtung die Zugfestigkeit 28 *kg* für das Quadratmillimeter und die Dehnung 3% betragen. Bleche ohne ausgesprochene Längsrichtung, welche vorwiegend durch Spannungen in verschiedenen Richtungen beansprucht werden (z. B. Anschlussbleche), sollen in der Hauptwalzrichtung eine Zugfestigkeit von 35 *kg* für das Quadratmillimeter und eine Dehnung von 10%, in der Querrichtung eine Zugfestigkeit von 30 *kg* für das Quadratmillimeter und eine Dehnung von 4% besitzen.

Bei Wellblechen kann von Festigkeits- und Dehnungsproben abgesehen werden, weil diese Bleche bei der Formgebung schon sehr grossen Ansprüchen genügen müssen. Wegen der Schwierigkeit der Herstellung aus Schweisseisen werden sie (namentlich die Trägerwellbleche) fast ausschliesslich aus Flusseisen angefertigt.

2. Niete.

Für Niete, die auf Abscheren beansprucht werden, bis zu 25 *mm* Durchmesser: Zugfestigkeit = 28 *kg* für das Quadratmillimeter, Dehnung 18%; von 25—40 *mm* Durchmesser: Zugfestigkeit = 36 *kg* für das Quadratmillimeter, Dehnung 15%.

3. Schrauben.

Wenn dieselben auf Abscheren beansprucht werden, wie bei den Nieten.

4. I-Träger, ⅂L-Eisen, [-Eisen, ⊥-Träger.

a) Für Flanschen: Zugfestigkeit in der Längsrichtung, wenn die Dicke beträgt:

bis 10 *mm* einschliesslich = 36 *kg* für das Quadratmillimeter
mehr als 10—15 » » = 35 » » » »
» » 15—25 » » = 34 » » » »

Dehnung in allen Fällen 12%.

b) Für Stege: Zugfestigkeit in der Längsrichtung, bei einer Dicke
bis 10 *mm* einschliesslich = 35 *kg* für das Quadratmillimeter

Draht von	5	4	3	2·5	2	1·7 *mm* Durchmesser
soll aushalten	15	18	21	25	27	30 Windungen.

Nach der Berliner Baupolizei-Vorschrift darf die zulässige Beanspruchung des aus Schweisseisen bestehenden Drahtes 1200 *kg* für das Quadratcentimeter betragen.

Ausser den oben besprochenen Prüfungsmethoden werden beim Schmiedeeisen noch die folgenden angewendet:

1. Die Besichtigungsprobe. Um das Innere des Eisens besichtigen zu können, kerbt man das Stück am zweckmässigsten mittelst Feile ringsum ein, so dass es sich mit einem einzigen kräftigen Schlag über dem Amboss an dieser Stelle zerbrechen lässt.

Das Eisen muss an der Bruchfläche ein feinkörniges Gefüge zeigen. Wird der Stab nur an einer Seite mittelst Meissel eingekerbt und dann durch langsames Umbiegen so zerbrochen, dass die Fasern an der Kerbstelle ausgedehnt und an der gegenüberliegenden Seite des Stabes zusammengedrückt werden, so muss das Eisen an der Bruchstelle der Länge nach ein sehniges oder faseriges Gefüge zeigen, und es wird im Allgemeinen von umso besserer Beschaffenheit sein, je feiner und seidenartiger seine Fasern erscheinen.

2. Schmiedeprobe. Zur Prüfung der Schmiedbarkeit wird das Probestück rothglühend gemacht, dann geschmiedet, gestreckt, gelocht und gebogen; hierbei bekommt rothbrüchiges Eisen Risse.

3. Wurf- und Schlagprobe. Zur Ermittelung der Zähigkeit des Eisens und der Widerstandsfähigkeit desselben gegen Stösse wird das Probestück mit aller Kraft wagrecht mit seiner Mitte auf einen scharfrückigen Amboss geworfen; hierbei zerbricht kaltbrüchiges und schlecht zusammengeschweisstes Eisen. Oder es wird der Stab mit seinen beiden Enden frei aufgelegt und dann auf seine Mitte aus gewisser Höhe ein Gewicht fallen gelassen oder ein kräftiger Schlag ausgeübt. Auch Ramm- und Fallwerke verschiedener Construction werden zu diesen Proben benutzt.

4. Aetzprobe. Um unsichtbare Hohlräume, Schweissfugen, Schlackenstücke u. s. w. ermitteln zu können, wird das Probestück vollständig glatt gefeilt und dann in ein Bad aus sehr stark mit Wasser verdünnter Salzsäure auf einige Minuten gelegt. Die Säure erweitert die Risse, macht die Schweissfugen sichtbar und treibt die Schlacken aus; ferner werden dichtere Stellen schwächer geätzt als lockere, und härtere (namentlich kohlenstoffreichere), schwächer als weichere (meist kohlenstoffärmere); schlechtes phosphorhaltiges Schmiedeisen erscheint schwarz und porös. Nach dem Aetzen wird die Salzsäure mit Wasser abgespült, das Wasser mit Alkohol und der Alkohol mit Aether wieder entfernt, auch wohl das Probestück mittelst Bürsten gereinigt. Man kann die Aetzprobe auch bei Gussstücken anwenden.

5. Härtungsprobe, siehe: Prüfung des Stahles.

6. Probebearbeitung durch geübte Arbeiter mittelst Meissel, Drehstahl und Feile; gutes Eisen liefert auch beim Abhobeln lange und zähe Späne, und auf der bearbeiteten Oberfläche werden vorhandene unganze Stellen oder ungleich harte Stellen deutlich sichtbar.

Als Prüfungsmaschinen sind im Gebrauche:

die Werder'sche Maschine für 100.000 *kg* Druck; zur Bestimmung der Zug-, Druck-, Biegungs-, Abscherungs- und Verdrehungsfestigkeit (Maschinenbau-Actiengesellschaft Nürnberg, vormals Klett & Comp.);

die Maschine von Mohr & Federhaff für 50.000 *kg* Druck (siehe: »Annalen für Gewerbe und Bauwesen«, 1884, I, S. 141);

die Maschine von Maillard (Maschinenfabrik und Eisengiesserei Fourchambault zu Nièvre);

die Maschine von Pohlmeyer für 100.000 *kg* Druck (siehe: »Stahl und Eisen«, 1881, S. 236);

die Maschine von Fairbanks & Comp. (siehe »Americ. Inst. of Mining Engin«, Februar 1884);

zur Messung der Dehnung: die Bauschinger'sche Spiegelvorrichtung;

zur Vornahme von Biegeproben: die Biegepresse von Mohr & Federhaff;

zur Prüfung von Draht auf Zug- und Verdrehungsfestigkeit: die Carrington'sche Maschine, die Maschine von Mohr & Federhaff u. s. w.

(Vergl. auch Roth-, Kalt-, Blau- und Schwarzbrüchigkeit am Schlusse dieses Paragraphen.)

III. Stahl.

Kohlenstoffgehalt: 0·5—2 %. Specifisches Gewicht: 7·4—8·1, im Durchschnitt 7·7 (nach dem »Deutschen Bauhandbuch« für Cementstahl 7·26—7·8, Frischstahl 7·5—7·8, Gussstahl 7·8—7·9; nach Mehrtens 7·5—8·0; nach dem preussischen Ministerialerlass vom 25. November 1891: 7·85). Das specifische Gewicht des ungehärteten Stahles ist grösser als das des gehärteten. Längenausdehnung bei 1° *C.* Temperaturerhöhung: nach Heinzerling = 0·0000135, nach Mehrtens um 8 % grösser als beim Schmiedeeisen. Schmelzpunkt: 1300—1800° *C.*

Festigkeit: *a*) Zugfestigkeit. Nach Winkler im Mittel bei hartem Stahl 6500 *kg*, bei mittelhartem 5500 *kg*, bei weichem 4500 *kg* für das Quadratcentimeter; nach Mehrtens bei dem weichsten Flussstahl 4500 *kg*, bei weichem Flussstahl 5000 *kg*, bei mittelhartem 5500 *kg*, bei hartem 6000 *kg*, bei sehr hartem 6500 *kg*, bei den verschiedenen Sorten des Tiegelgussstahles 4500—14000 *kg* und beim Gussstahldraht 8000—25000 *kg* für das Quadratcentimeter.

Die Zugfestigkeit des Stahles wächst mit Zunahme des Kohlenstoff-

Zugfestigkeit bei nicht übergeschmiedetem Stahl von 45—60 *kg* für das Quadratmillimeter und eine Dehnung von mindestens 8—10 % verlangen.

Die Zugfestigkeit des Manganstahles (mit 14 % Mangan und 1 % Kohlenstoff) beträgt etwa 10.000 *kg* für das Quadratcentimeter und die Dehnung 50 %.

b) Druckfestigkeit: nach Heinzerling etwa = $^7/_8$ der Zugfestigkeit.

c) Biegungsfestigkeit: abhängig von der Gestalt des Querschnittes, für I-Träger nach Winkler = der Zugfestigkeit.

d) Abscherungsfestigkeit: etwa = $^4/_5$ der Zugfestigkeit.

Elasticitätsgrenze für Zug und Druck schwankend zwischen 1400 und 7000 *kg* nach Winkler im Mittel 3500 *kg* auf das Quadratcentimeter.

Elasticitätsmodul für Zug und Druck schwankend zwischen 1428000 und 2740000 *kg*, im Mittel (nach Winkler) 2200000 *kg*, für Abscherung schwankend zwischen 860000 und 1120000 *kg*, im Mittel 1000000 *kg* für das Quadratcentimeter.

Zulässige Inanspruchnahme für das Quadratcentimeter nach der Vorschrift der Berliner Baupolizei bei gehärtetem Gussstahl für Druck 3000 *kg*, für Zug 3000 *kg* und für Abscherung 2200 *kg*. Für Gussstahldraht beträgt dieselbe 400 *kg* (Bruchbelastung 4000—4500 *kg*).

Verzinkter Telephondraht (Flussstahl) soll nach den Normen des »Vereines deutscher Eisenhüttenleute«, 1889, eine Zugfestigkeit von 130 bis 140 *kg* für das Quadratmillimeter und eine Dehnung von 5 % an einer eingespannten und bis zum Zerreissen belasteten Drahtlänge von 500 *mm* besitzen.

Draht von	2·5	2·2	2	1·8	1·6 *mm* Durchmesser
soll aushalten . .	4	6	7	8	10 Biegungen.

Stahl steht nach seinem Kohlenstoffgehalt zwischen dem Guss- und Schmiedeeisen, und besitzt daher theils die Eigenschaften des Gusseisens, theils die des Schmiedeeisens; er lässt sich giessen, schmieden, schweissen, mit Feile, Meissel und Drehstahl noch gut bearbeiten, sofern er weniger als 0·6 % Kohlenstoff enthält, besitzt eine bedeutende Festigkeit, Zähigkeit und Elasticität, eine sehr feinkörnige, gleichmässige, hellgrauweisse, sammtartig glänzende Bruchfläche und eine sehr grosse Härte; er rostet leichter als Gusseisen und schwerer als Schmiedeeisen. Nach den Versuchen von Gruner verlieren Platten aus gewöhnlichem Stahl bei Einwirkung feuchter Luft innerhalb 20 Tagen etwa 1·5—2 *g* für das Quadrat decimeter Oberfläche an Gewicht. Das Rosten erfolgt beim Chromstahl leichter als beim gewöhnlichen Stahl, bei letzterem leichter als beim Wolframstahl. Platten aus gewöhnlichem Stahl verlieren bei Einwirkung von Seewasser 0·5—1 *g*, aus Bessemerstahl 1.75 *g* für das Quadratdecimeter Oberfläche an Gewicht, und es wird gehärteter Stahl weniger als zweimal geglühter, weicher Stahl weniger als Chromstahl, Wolframstahl weniger als gewöhnlicher Stahl angegriffen. Durch angesäuertes Wasser wird Stahl nicht so leicht aufgelöst wie Gusseisen.

Härten des Stahles. Die grosse Härte des Stahles wird noch erhöht, wenn der im Schmiedefeuer oder im Muffelofen geglühte Stahl in Wasser oder Quecksilber (falls eine sehr grosse Härte erzielt werden soll) oder in Oel, Siegellack, Talg, Kalk- und Seifenwasser, Wachs, leicht schmelzbare Metallbäder u. s. w. mit dem dickeren Theile voran eingetaucht wird, so dass sich

alle Theile möglichst gleichmässig abkühlen können. Hierdurch wird der Stahl glashart und erreicht eine so bedeutende Sprödigkeit, dass man ihn fast nicht verwenden kann. Wird der Stahl abgelöscht, bevor er glühend geworden ist, so wird er nicht härter, sondern viel weicher. Man macht von dieser Eigenschaft des Stahles Gebrauch, wenn man geschmiedete Stahlgegenstände ohne Schwierigkeit abfeilen will. Um die für die Verwendung gewünschte Härte zu erreichen, wird der abgelöschte Stahl wieder angelassen (getempert), d. h. auf eine bestimmte Temperatur erhitzt und dann schnell abgekühlt; je mehr man ihn erhitzt, desto weicher wird er wieder. Beim Erhitzen überzieht sich der Stahl mit den sogenannten Anlauffarben, welche sich nach der Dicke der auf der blanken Oberfläche entstehenden Oxydschicht ändern und durch welche man die verlangte Temperatur erkennen kann, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

220° blassgelb, Stahl hart und spröde, für chirurgische Instrumente geeignet;

230° gold-gelb, Stahl schneidet Gusseisen; für Rasirmesser, Grabstichel und zu Werkzeugen für Metallbearbeitung;

243° dunkelgelb, Stahl für Federmesser und Metallbearbeitungswerkzeuge;

255° morgenroth, Stahl schneidet Guss- und Schmiedeeisen; für Meissel, Scheren u. s. w.;

266° purpurroth, für Holzbearbeitungswerkzeuge (Aexte, Hobeleisen u. s. w.) und für Taschenmesser;

277° violett, für Tischmesser;

288° hellblau, für Säbelklingen, Uhrfedern;

293° dunkelblau, für Sägen, Bohrer, Dolche u. s. w.;

316° schwarz-blau, für Hand- und Stichsägen.

Erhitzt man den Stahl über 360°, so erreicht er die Härte wieder, welche er vor dem Abschrecken besass. Wird Stahl längere Zeit wiederholt bei Luftzutritt erhitzt, so verbrennt er, wird kohlenstoffärmer und somit mürbe und grobkörnig. Derartigen Stahl kann man durch Glühen mit Kohlenstoff enthaltenden Stoffen wieder verwendbar machen.

Mit zunehmender Härte wächst die Magnetisirbarkeit des Stahles, deshalb fertigt man die Magnete am besten aus dem sehr harten Wolframstahl.

Härtungsprobe. Die Brüchigkeit des Flussstahles und Werkzeugstahles (auch des Flusseisens) wird durch die Härtungsprobe ermittelt, die darin besteht, dass man das geglühte Probestück in Wasser von 20° *C.* Wärme eintaucht. Hierbei soll ein mässig harter Stahl nicht zerreissen; je mehr Risse der härtere Stahl nach dieser Probe zeigt, desto geringere Widerstandsfähigkeit besitzt er. Bei der Härtungsprobe werden Rundstäbe im Allgemeinen weniger rissig als Vierkantstäbe.

Der Stahl ist umso weicher, je weniger vollständig er nach dem Erkalten und Abtrocknen den Glühspan verliert. Harter Stahl lässt sich mit der Feile nicht bearbeiten und zerbricht beim ersten Schlage über der Kante des Ambosses, während weicher Stahl selbst nach mehreren Schlägen noch nicht zerspringt. (Nach Mehrtens.)

Beim Cementstahl unterscheidet man sechs Härtegrade, nämlich Nr. 1 Federstahl mit 0·5 % Kohlenstoff, Nr. 2 Handelsstahl mit 0·625 % Kohlen-

stoff, Nr. 3 Schweissstahl mit 0·75 % Kohlenstoff, Nr. 4 Doppelschweissstahl mit 1·0 % Kohlenstoff, Nr. 5 Werkzeugstahl mit 1.25 % Kohlenstoff, Nr. 6 Feilenstahl mit 1·5 % Kohlenstoff.

Mit dem Kohlenstoffgehalt wächst die Härtbarkeit und Schmelzbarkeit, und es vermindert sich die Schweissbarkeit. Gehärteter Stahl besitzt, wie bemerkt, eine grosse Sprödigkeit und lässt sich in kaltem Zustande weder schmieden noch biegen; er hat eine grössere Festigkeit als der ungehärtete. Der angelassene Stahl ist zäher als der gehärtete. Gussstahl ist weniger fest als Flussstahl und gewalzter oder geschmiedeter Stahl. Raffinirter Stahl besitzt ein sehr feines Korn. Aus dem Korn sind Arbeitsfehler sehr leicht erkennbar.

Roth-, Kalt-, Roh-, Faul-, Blau- und Schwarzbrüchigkeit des schmiedbaren Eisens.

Rothbrüchig ist das Schweisseisen, wenn es mehr als 0·04 % Schwefelstoff besitzt, und das Flusseisen bei grösserem Schwefelgehalt als etwa 0·1 %; auch ein grösserer Sauerstoffgehalt als etwa 0·1 % vermag Rothbrüchigkeit zu erzeugen. Rothbrüchiges Eisen lässt sich zwar in der Weissgluthhitze gut schmieden, in dunkler Rothgluthhitze dagegen weder biegen noch lochen; beim Schmieden erhält es in diesem Zustande Risse und zerbröckelt auch oft unter dem Hammer oder unter den Walzen. Rothbrüchiges Eisen besitzt einen dunkelgrauen, schwach glänzenden Bruch und eine sehnige Textur; bei starkem Rothbruch zeigt es grobe, graue, glanzlose Sehne. Die Eisenstäbe zeigen keine scharfen Kanten; sie besitzen Kantenrisse und, wenn sie stark rothbrüchig sind, auch Längsrisse. Ist das Eisen manganreich, so schadet selbst ein grösserer Schwefelgehalt nicht.

Kaltbrüchig nennt man Eisen, welches sich zwar in glühendem Zustande gut bearbeiten und auch sehr gut schweissen lässt, in kaltem Zustande aber beim Hämmern leicht springt und bricht. Kaltbrüchig ist Eisen bei einem Phosphorgehalt bis etwa 0·75 % (Bessemereisen schon bei 0·1 %, Puddeleisen bei 0·25 %, Stahl bereits bei 0·06 %). Derartiges Eisen ist hart und spröde, besitzt stets ein grobes Korn mit glänzenden, schiefrigen, faserigen oder blätterigen Krystallen und eine hellweisse Farbe mit starkem Glanz. (Feinkorneisen hat zwar auch einen glänzenden Bruch, aber mehr eine silberhelle bis bleiartige Farbe und ein feines, gleichmässiges Korn; sehr reines, kohlenstoffsaures Eisen besitzt oft auch ein grobes Korn, glänzt aber nicht.)

Rohbrüchig heisst Eisen, dessen Zusammenhang durch eingeschlossene Schlacken und Roheisentheile gestört ist. Solches Eisen besitzt ein grobkörniges Gefüge von weisser Farbe, abwechselnd mit einem feinkörnigen von dunkler Farbe.

Faulbrüchig nennt man das Eisen, wenn es in Folge eines Siliciumgehaltes hart und mürbe ist. Faulbrüchiges Eisen zeigt ein ungleichmässiges Gefüge, ein körniges und ein faseriges neben einander liegend.

Blau- oder schwarzbrüchig ist Eisen, wenn es beim Erhitzen auf 250—400° *C.*, bei dem es eine blaue Anlauffarbe erhält, plötzlich hart und spröde wird. Diese Eigenschaft findet man beim Flusseisen mehr als beim Schweisseisen.

Noch zu erwähnen ist, dass ein Calciumgehalt das Stabeisen hadrig, d. h. unschweissbar macht, und dass verbranntes Eisen ein grobkörnig-eckiges oder blätteriges, stark glänzendes Gefüge zeigt. (Vergl. auch § 160.)

II. Kupfer.*)

§ 176. Gewinnung des Kupfers.

Kupfererze. Kupfer findet sich zwar auch gediegen vor (z. B. in grösseren Mengen am Oberensee in Nordamerika, in Chile, Bolivia, Peru u. s. w.), wird aber fast immer aus Erzen gewonnen. Zu den Kupfererzen gehören: Rothkupfererz (Kupferoxydul) mit 88·8% Kupfer, Malachit mit 57·3% und Kupferlasur oder Azurit mit 55·1% Kupfer (beide basisch- kohlensaures Kupferoxyd mit Wasser), Dioptas mit 39·9% und Kupfergrün mit 35·7% Kupfer (beide kieselsaures Kupferoxyd), Atakamit oder Salzkupfererz (basisches Kupferchlorid) mit 56% Kupfer, Kupferglanz (Schwefelkupfer) mit 79·7% Kupfer, Buntkupfererz mit 55·6% und Kupferkies mit 34·5% Kupfer (beide Schwefelkupfer mit Schwefeleisen), Fahlerz mit 15—48% Kupfer, Enargit mit 48·3% Kupfer, Kupferschiefer (bituminöser Mergelschiefer mit eingesprengtem Kupferglanz, Kupferkies, Buntkupfererz) u. s. w.

Die Gewinnung des Kupfers aus seinen Erzen erfolgt entweder auf trockenem oder auf nassem Wege.

Gewinnung auf trockenem Wege. Der trockene Weg wird angewendet, wenn das Kupfererz einen verhältnissmässig hohen Kupfergehalt besitzt (wie z. B. Kupferkies) und ein billiger Brennstoff zur Verfügung steht. Bei diesem Verfahren werden die kiesigen Erze in freien Haufen (Meilern), in Stadeln oder in geschlossenen Oefen (Schacht- oder Flammöfen) geröstet. Benutzt man hierzu Oefen (z. B. die Schachtöfen von Gerstenhöfer, von Stetefeld, von Kerpely, Hasenclever-Helbig, die sogenannten Kilns, die Calcinirflammöfen u. s. w.), so müssen die Erze zerkleinert, in Graupen- oder Griesform oder Schliegform gebracht werden; man spart dann bedeutend an Zeit und kann die Abgase zur Schwefelfabrikation verwenden. Durch das Rösten bei Luftzutritt wird ein Theil des in den Erzen enthaltenen Schwefels, Arsens, Antimons, Bitumens u. s. w. ausgetrieben, ferner werden die fremden Schwefelmetalle unter Entwickelung von schwefliger Säure und Verflüchtigung des Schwefels in Metalloxyd und Sulfate übergeführt, und endlich wird das Kupfer theilweise in Kupferoxyd umgewandelt. Beim Rösten darf zur Vermeidung von späteren Verlusten an Kupfer nicht zu viel Schwefel entfernt werden. Die gerösteten Erze werden, wenn nöthig, zerkleinert, mit Reductionsmitteln und schlackenbildenden Stoffen (Kieselsäure [Sand] oder Silicaten) vermischt und in Schachtöfen (z. B. in den schwedischen oder mansfeld'schen) niedergeschmolzen (Roh- oder Erzschmelzen), wobei das Kupferoxyd zu metallischem Kupfer und das Eisenoxyd zu Eisenoxydul reducirt, ferner die schwefelsauren Metallsalze wieder in Schwefelmetalle verwandelt werden und mit dem Kupfer, sowie mit den unzersetzt gebliebenen Schwefelmetallen eine neue kupferreichere Schwefelung (Rohstein, Kupferstein) bilden, während die vorhandenen antimon- und arsensauren Metalloxyde durch Reduction

*) Siehe Gottgetreu, »Baumaterialien«, Bd. II, S. 107—122. — Hoyer, »Mechanische Technologie«, 2. Aufl., 1888, S. 16. — »Handbuch der Architektur«, Th. I, Bd. I, S. 270—272. — F. Fischer, »Handbuch der chemischen Technologie«, 1893, S. 245 ff. — »Technologisches Lexikon« von Brelow, Dammer und Hoyer, Bd. I, S. 440—443; u. A. — Dieselben Werke würden auch bei der Ausarbeitung der §§ 178—188 benutzt.

Antimon- und Arsenmetalle (Speise) erzeugen. Die übrigen Metalloxyde (namentlich Eisenoxydul) verschlacken (Roh- oder Erzschlacke).

Der Rohstein, welcher im Mittel 32% Kupfer enthält, wird zerkleinert und, um seinen Kupfergehalt zu steigern, nochmals in Kilns oder Flammöfen geröstet, wodurch ein Theil des Schwefels verflüchtigt wird und fremde Metalle durch Oxydation auf Verschlackung vorbereitet werden. Das Rösten wird in der Weise vorgenommen, dass noch alles Kupfer und ein Theil des Eisens an Schwefel gebunden bleibt. Der geröstete Rohstein wird unter Zusatz saurer Schlacken geschmolzen (Concentrationsschmelzen), wobei das Eisenoxyd zum grössten Theil in die Schlacke übergeht und ein kupferreicherer Stein (Concentrationsstein) gewonnen wird. Dieser Stein wird zum zweitenmale geschmolzen, wenn man einen noch kupferreicheren und reineren Stein (Spurstein) erhalten will. Den Concentrationsstein oder Spurstein erhitzt man nunmehr im Röstflammofen stark, um nach der Beseitigung des Arsens und Antimons hauptsächlich nur Kupferoxyd, Eisenoxydul und Eisenoxyd neben geringen Mengen von Sulfaten zu erhalten. Das schwarzrothe Röstproduct wird hierauf der reducirenden Schwarzkupferschmelze unterzogen, indem man es mit entsprechendem Zusatz von Kohlenpulver im Flammofen bis zum Schmelzen erhitzt. Hierbei tritt eine Verschlackung der Oxyde (mit Ausnahme des Kupferoxyds) mit den zugesetzten sauren Zuschlägen und eine Reducirung des noch vorhandenen Sulfats zu Sulfid ein, und es entsteht, je nach der Concentration des Spursteines, ein mehr oder weniger mit fremden Metallen verunreinigtes Kupfer (Rohkupfer, Schwarzkupfer) von blasiger, brüchiger Beschaffenheit und mit 70—98% Kupfer und nebenbei, weil das Röstgut Schwefel enthielt, etwas Kupfer- oder Dünnstein (Lech), der sich über dem Schwarzkupfer befindet, in Scheiben abgehoben und wie Roh- oder Spurstein weiter verarbeitet werden kann.

Das Schwarzkupfer wird behufs Gewinnung von reinem Kupfer durch ein oxydirendes Schmelzen (Rohgarmachen) von den fremden Beimengungen befreit, indem die noch vorhandenen fremden Metalle oxydirt werden; hierbei geht eine gewisse Menge Kupfer in Kupferoxydul über. Zu diesem Process benutzte man früher den Garherd oder Spleissofen, während man neuerdings den Flammofen vorzieht. Dem entstehenden Garkupfer wird schliesslich durch schnelles reducirendes Schmelzen, durch Umschmelzen zwischen Kohlen auf einem Herde der Sauerstoff wieder entzogen, es wird also das Kupferoxydul reducirt, und man erhält ein geschmeidiges (hammergares) Kupfer. Die Oberfläche desselben reinigt man von Schlacken und Kohlen; dann spritzt man Wasser auf dieselbe, worauf die obere Schicht erstarrt und abgehoben werden kann (Rosettenkupfer, Scheibenkupfer). Das Wasseraufgiessen wird fortgesetzt, so lange noch genügend viel Kupfer im Herde vorhanden ist; der Rest wird ausgeschöpft.

Die leichter als Kupfer oxydirbaren Fremdstoffe, besonders Schwefel, Arsen und Eisen, entfernt man aus dem Kupferstein in neuerer Zeit durch einen Bessemerprocess (vergl. § 162) und benutzt dazu Converter von etwa 1·8 *m* Höhe und 1·3 *m* Durchmesser.

Gediegenes Kupfer wird unmittelbar raffinirt und oxydische Erze werden, wenn sie reich an Kupfer und rein sind, zunächst auf Schwarzkupfer und sodann auf Raffinatkupfer verschmolzen, oder sie werden, mit Kiesen

vermischt, zu Stein verarbeitet, oder es wird aus ihnen, wenn sie arm an Kupfer sind und sich in kieseliger Gangart befinden, das Kupfer auf nassem Wege gewonnen.

Gewinnung auf nassem Wege. Oxydische oder geschwefelte Erze lässt man zunächst an der Luft durch längeres Liegen bei öfterem Umschaufeln verwittern, um schwefelsaures Kupferoxyd zu erzeugen, oder man behandelt sie mit Eisenchlorid oder röstet sie im Flammofen bei Luftzutritt oder (z. B. kupferarme abgeröstete Schwefelkiese von der Schwefelsäurefabrikation) bei niedriger Temperatur und mit Kochsalz vermischt, wobei man Kupferchlorid erhält, das sich mit Wasser auslaugen lässt. Wasser kann man als Lösungsmittel nur bei solchen Erzen anwenden, welche Kupfersulfat enthalten; in allen anderen Fällen benutzt man zur Lösung verdünnte Salzsäure und Schwefelsäure oder eine Eisenchlorürlösung. Die erhaltene Kupferlösung (Cementwasser) lässt man am besten bei etwas erhöhter Temperatur und Luftabschluss über Eisenabfälle fliessen, wobei metallisches Kupfer (Cementkupfer) gefällt, schwefelsaures Eisenoxydul oder Eisenchlorür gelöst wird. Das gefällte Kupfer wird gesiebt, gewaschen, getrocknet und auf Schwarzkupfer verschmolzen. Man kann aber auch die Kupferlösung von der Decke einer geschlossenen Kammer, in die Schwefelwasserstoff geleitet wird, herabtropfen lassen, um das Kupfer auszuscheiden. Dieses Schwefelkupfer wird dann auf Kupferstein oder nach dem Rösten auf Schwarzkupfer verschmolzen.

In neuester Zeit wird das Kupfer sehr rein auf elektrolytischem Wege gefällt.

Hängt man Schwarzkupferplatten abwechselnd mit Platten aus reinem Kupfer in eine saure Lösung von Kupfervitriol ein, und wird der elektrische Strom unter fortwährendem Umrühren der Flüssigkeit in der Richtung vom Schwarzkupfer zum Reinkupfer durchgeführt, so wird bei Innehaltung der zweckmässigsten Stromstärke und Concentrationsverhältnisse auf letzterem, der Kathode, nur reines Kupfer niederschlagen, während die fremden Bestandtheile des Schwarzkupfers zum Theil (z. B. die Edelmetalle) ungelöst bleiben und als schlammartige Masse zu Boden fallen oder als leicht abwischbares Pulver an der Anode hängen bleiben, zum Theil in Lösung übergehen, ohne an der Kathode gefällt zu werden. Statt der Schwarzkupferanode benutzt man auch vielfach eine Kupfersteinanode.

§ 177. Eigenschaften des Kupfers und Verwendungen desselben.

Eigenschaften. Specifisches Gewicht: je nach der Bearbeitung schwankend zwischen 8·56 und 9; beim gegossenen Kupfer 8·8, beim gewalzten 8·9, beim Kupferblech im Mittel 8·8. (Nach dem preussischen Ministerialerlass vom 25. November 1891 soll 1 m^3 Kupfer 8900 *kg* wiegen.)

Längenausdehnung bei 1° *C.* Temperaturerhöhung: 0·00001643. — Schmelzpunkt: 1000—1100° *C.*

Festigkeit. *a*) Zugfestigkeit (nach Karmarsch) 1300—2600 *kg* für gegossenes Kupfer, 1800—2600 *kg* für gehämmertes und gewalztes Kupfer, 2700—5100 *kg* für das Quadratcentimeter für gezogenen Kupferdraht. Bei einer Temperatur über 150° *C.* nimmt die Zugfestigkeit allmälig ab.

b) Elasticitätsmodul: 1100000 *kg* für gehämmertes Kupferblech, 1300000 *kg* für Kupferdraht, und zwar für Zug und Druck, 440000, beziehungsweise 480000 *kg* für das Quadratcentimeter für Abscherung. Elasticitätsgrenze: für geglühtes Kupferblech, 200—300 *kg*, für gehämmertes Kupferblech 1050—1400 *kg*, für Kupferdraht 1200 *kg* für das Quadratcentimeter.

c) Druckfestigkeit; für geglühtes Kupferblech im Mittel 4000 *kg* für das Quadratcentimeter.

d) Schubfestigkeit: nach Tresca 1873 *kg* für das Quadratcentimeter.

e) Zulässige Inanspruchnahme für das Quadratcentimeter:

bei geglühtem Blech	für Zug	250 *kg*,	für Druck	200 *kg*,	für Schub	150 *kg*
» gehämmertem »	» »	900 »	» »	700 »	» »	500 »
» Kupferdraht	» »	700 »	» »	— »	» »	— »

Die Festigkeit des Kupfers vermindert sich bei zunehmender Temperatur schneller als die des Schmiedeeisens.

Handelswaare: In den Handel kommt das Kupfer als:

a) Rosettenkupfer, Gar- oder Scheibenkupfer in Kuchen von 30—60 *cm* Durchmesser und von verschiedener Dicke. Die Scheiben sind umso dünner, je reiner das Kupfer ist und je weniger Oxydul es enthält; bei bester Beschaffenheit des Kupfers beträgt die Dicke nur etwa zwei Millimeter.

b) Barren- oder Plattenkupfer in Barren und Blöcken von etwa 45 *cm* Länge, 8—30 *cm* Breite und 7—8 *cm* Dicke.

c) Granalien, in Pulver- und Körnerform, meist zu Legierungen verwendet.

Das Handelskupfer ist mehr oder weniger durch Sauerstoff, Schwefel, Eisen, Antimon, Arsen, Blei, Zink, Zinn, Nickel u. s. w. verunreinigt. Enthält es Kupferoxydul, so ist es kaltbrüchig und zeigt eine ziegelrothe oder gar braunrothe Farbe, sowie einen sehr feinkörnigen, matten Bruch; besitzt es Kohlenstoff, so ist es rothbrüchig, zeigt eine gelblichrothe Farbe und einen grobzackigen, auffallend stark glänzenden Bruch. Auch Schwefel sowie 0·6% Zink und 0·25% Zinn machen das Kupfer rothbrüchig. Blei erhöht die Walzfähigkeit und Eisen die Härte und Brüchigkeit; Nickel macht das Kupfer spröde, ein geringer Zusatz ($^1/_{1000}$) von Wismut oder Arsen vermindert seine Dehnbarkeit.

Chemisch reines Kupfer wird aus reiner Kupfervitriollösung durch den galvanischen Strom oder durch reines Zink gefällt.

Das reine Kupfer besitzt eine fast rosenrothe Farbe, durch Beimengung von Kupferoxydul wird dieselbe dunkler. Das Kupfer ist stark glänzend und hat einen feinkörnigen bis zackigen Bruch. Gewalztes Kupfer zeigt einen faserigen, gehämmertes einen undeutlich sehnigen Bruch. Das Kupfer zeichnet sich aus durch eine hohe Politurfähigkeit und grosse Dehnbarkeit, so dass man es zu sehr dünnem Blech und zu Draht verarbeiten kann; es ist fest, schweissbar, ein vorzüglicher Leiter der Wärme und Elektricität und weicher als Schmiedeeisen. Seine Härte ist umso geringer, je reiner es ist.

Wird Kupfer geschmolzen, so absorbirt es Gase, welche beim Erkalten des Kupfers wieder entweichen und das Metall zum Steigen bringen; giesst man das geschmolzene Kupfer in Formen, so wird es demgemäss porös und blasig. Man kann daher Kupfer zu Gusswaaren nicht benutzen, jedoch

werden Nägel für Schiffsbeschläge, Bolzen zu Nieten und Röhren häufig gegossen.

In trockener reiner Luft bleibt Kupfer bei gewöhnlicher Temperatur unverändert, in feuchter Luft dagegen überzieht es sich mit einer grünen Schicht von basisch-kohlensaurem Kupferoxyd (Patina, edler Grünspan), die, wenn die Bildung allmälig vor sich geht, eine glänzende, schöne Farbe erhält. Dieser Ueberzug schützt das Kupfer vor weiterer Oxydation. Künstliche Patina wird mittelst salpetersauren Kupferoxydules unter Zusatz von Kochsalz und darauf mittelst Kleesalz und Salmiak erzeugt; dieser Ueberzug muss aber durch Wachs oder ähnliche Schutzmittel den sanften Glanz der echten Patina erhalten.

Wird Kupfer an der Luft erhitzt, so überzieht es sich zunächst mit rothbraunem Kupferoxydul, und darauf mit schwarzem Kupferoxyd, welches beim Hämmern und Biegen abspringt (Kupferhammerschlag, Glühspan). Bei höherer Temperatur und bei Luftzutritt verbrennt das Kupfer mit grünner Flamme.

Verdünnte Salz- und Schwefelsäure greifen das Kupfer nur bei Luftzutritt an, Salpetersäure und heisse concentrirte Schwefelsäure lösen es auf, Schwefelwasserstoff schwärzt es, Kochsalz und Ammoniaksalze vermögen es zu zerstören.

Verwendung. Man stellt aus dem Kupfer allerlei Geräthe (z. B. Abdampfpfannen, Kessel, Blasen, Kühlapparate u. s. w.), ferner Schiffsbeschläge, Münzen und Metalllegierungen (vergl. § 188), Kupferstichplatten, Walzen für Zeugdruck, Zündhütchen und Patronen, Bleche und Draht, Rohre, Nägel u. s. w. her und benutzt das Kupfer zur Darstellung von Kupfervitriol, von Grünspan und von vielen Farben.

Blank polirtes Kuper (cuivre poli) dient zu Decorationszwecken; ebenso Kupfer mit Bronzierungspatina von rothbrauner Farbe, welche durch Bildung von Kupferoxydul oder mechanisch durch Blutstein- oder Reissbleipulver hervorgerufen wird. Durch Schwefelmetalle, die an der Oberfläche erzeugt werden, kann man auf dem Kupfer die schönsten Metall-Lustre-Farben in verschiedenen Tönen hervorbringen. (»Handbuch der Architektur«, a. a. O., S. 272.) Einen widerstandsfähigen Firniss für Kupfer liefert eine Mischung aus 1 Theil Schwefelkohlenstoff, 1 Theil Benzin, 1 Theil Terpentinöl, 1 Theil hartem Copal und 2 Theilen Methylalkohol; diese Mischung wird am besten mehrere Male aufgetragen.

Die Verwendung des Kupfers ist älter als die des Eisens; die Waffen der ältesten Völker waren aus Kupfer gefertigt.

In der Technik verwendet man aus Kupfer:

a) Rund- oder Vierkantstangen von 0·25—50 *mm* Stärke.

b) Bleche von 0·75—2·5 *m* Breite und 2—5 *m* Länge (gangbarste Sorten: 0·75—1 *m* breit und 1·5—2 *m* lang). Die Dicke der Bleche ist je nach der Verwendungsart verschieden; man wählt Rinnblech 0·75 *mm*, Dachblech 0·5—1·7 *mm*, Flick- oder Rollkupfer 0·3—0·5 *mm*, Schlauchblech 1·23 *mm*, Schiffsblech 0·6 *mm*, Braupfannenblech bis 6·25 *mm* dick; Kesselbleche haben verschiedene Dicke.

c) Platten von 1—15 *mm* Stärke.

d) Draht von 21·9—0·21 *mm* Durchmesser, in 62 Nummern vorkommend und in Ringen von 0·5—12·5 *kg* zum Verkauf gelangend.

e) Röhren ohne Naht von 1—5 *mm* Wandstärke und 10—250 *mm* Durchmesser, mit Naht von 1—5 *mm* Wandstärke und 40—300 *mm* Durchmesser, Feder und Knieröhre von 2·5—4 *mm* Wandstärke und 40—300 *mm* Durchmesser.

Die Röhren sind entweder gelöthete oder gegossene und dann gezogene oder gehämmerte; die letzteren besitzen eine grosse Zähigkeit und Festigkeit.

III. Zink.

§ 178. Gewinnung des Zinks.

Erze. Zink kommt in der Natur niemals gediegen vor, sondern muss aus Erzen gewonnen werden. Als die wichtigsten Zinkerze sind zu nennen: Zinkblende (Schwefelzink) mit 67% Zink und 33% Schwefel, Galmei oder Zinkspath (kohlensaures Zink) mit 65% Zink und 35% Kohlensäure oder nur mit 52% Zink und mit Beimengungen von Bleioxyd, Mangan, Eisenoxydul, Kalk, Magnesia u. s. w., Kieselzinkerz (kieselsaures Zinkoxyd oder Kieselgalmei) mit 53·8% Zink und Rothzinkerz, ein durch Mangan- und Eisenoxyd röthlich gefärbtes Zinkoxyd.

Gewinnung. Metallisches Zink erhält man aus dem Rothzinkerz, wenn man dasselbe mit Kohlen vermischt im Schachtofen brennt, wobei eine Reduction des Zinkoxyds eintritt. Auch Kieselzinkerz wird bei hoher Temperatur durch Kohle allein, leichter aber, wenn man Kalk als Zuschlag verwendet, reducirt. Galmei muss in Schacht- oder Flammöfen gebrannt und dadurch von seinem Kohlensäure- und Wassergehalt befreit, Zinkblende vor der Reduction durch Rösten entschwefelt und in Zinkoxyd verwandelt werden, wobei man das Erz erst schwach, dann allmälig stärker erhitzt (unter Luftzutritt), und während des Processes fortwährend durchrührt. Wird die Röstung sorgfältig vorgenommen, so entweicht aller Schwefel in Form von schwefliger Säure bis auf 1—2%.

Das gebrannte oder geröstete oder rohe Erz wird auf Walz- oder Quetschwerken, in Kollergängen oder Schleudermühlen zerkleinert, mit feingepulverter Kohle innig vermischt und, weil das Zink in der Hitze flüchtig ist, in verschlossenen Oefen (sogenannten Zinkdestilliröfen) in Muffeln aus Thon (schlesische Methode) oder in thönernen Röhren (Retorten), die an einem Ende geschlossen sind (belgische Methode), geschmolzen, und es werden die sich bildenden Zinkdämpfe in eine Thonvorlage geleitet, in welcher sie sich flüssig niederschlagen.

Das flüssige Zink wird mit eisernen Löffeln ausgekellt und in Formen gegossen. Man erhält auf diese Weise das sogenannte Werkzink, welches noch Beimengungen (Zinkoxyd, Erzstaub, Blei u. s. w.) besitzt, von denen es durch Umschmelzen (Raffiniren) befreit werden muss. Dieses Umschmelzen wird in neuerer Zeit in Flammöfen vorgenommen, die einen geneigten und mit einem Sumpf ausgestatteten Herd besitzen, in dessen Vertiefung sich das geschmolzene Zink ansammelt. Man lässt das Zink in geschmolzenem Zustande im Sumpfe liegen, damit sich der schwerere, bleireichere Theil von dem leichteren, bleiärmeren absondern und zu Boden sinken kann. Die sich über der reineren Zinkschicht bildende, Unreinigkeiten enthaltende, oxydische Krätze wird mit Salmiak durchgerührt und dann abgezogen, hierauf wird

der bleifreie Theil des Zinkes ausgekellt und in Platten zum Auswalzen gegossen.

Zinkgewinnung durch Elektricität. Nach dem Verfahren von L. Létrange wird Zinkblende durch Rösten bei niedriger Temperatur in schwefelsaures Zink übergeführt, dann mit Wasser ausgelaugt und die Lösung in Zersetzungskästen geleitet. Nach dem Verfahren von M. Kiliani wird dagegen Galmei, Zinkasche u. s. w. mit einer ammoniumcarbonathaltigen Ammoniaklösung behandelt und diese Lösung den Zersetzungskästen zugeführt. Das Zink lagert sich auf der aus dünnem Zinkblech, polirtem Kupfer oder Messing bestehenden Kathode ab, von der es leicht abgehoben werden kann, und es entwickelt sich an der aus Kohle, Platin oder Blei bestehenden Anode Sauerstoff. Die durch die Ausscheidung von Zink sauer gewordene Lauge, die beständig zum Abfluss gelangt, kann zum Lösen von zinkoxydhaltigen Massen von Neuem benutzt werden. Das gewonnene Zink wird durch Umschmelzen gereinigt.

Ganz reines Zink erhält man aus reinem Zinkoxyd durch Reduction desselben mittelst Kohle oder Wasserstoff.

§ 179. Eigenschaften des Zinkes und Verwendungen desselben.

Eigenschaften. Specifisches Gewicht: gegossenes Zink = 6·86 gewalztes und gehämmertes = 7·2. — Längenausdehnung bei 1° *C.* Temperaturerhöhung: 0·00002942, für gegossenes und 0·00003108 für gehämmertes Zink. (Zink dehnt sich von allen technisch wichtigen Metallen am meisten aus.)

Schmelzpunkt: bei etwa 412° *C.*

Festigkeit: *a*) Zugfestigkeit: nach Karmarsch beim Gusszink mit dem specifischen Gewichte 6·85 = 198 *kg*, beim Zinkblech und Zinkdraht mit dem specifischen Gewichte 7·3 = 1315—1560 *kg*, nach Rankine ganz allgemein 490—560 *kg* für das Quadratcentimeter.

b) Schubfestigkeit: nach Tresca 900 *kg* für das Quadratcentimeter.

Elasticität: sehr gering; nach Thurston treten beim Zink schon bei kleinen Spannungen bleibende Formveränderungen ein.

Das reine Zink hat eine bläulich-weisse Farbe, einen starken Metallglanz, einen blätterig-krystallinischen Bruch und ist härter wie Silber, aber weicher wie Kupfer. Bei gewöhnlicher Temperatur besitzt das Zink eine ziemliche Sprödigkeit, lässt sich nur wenig biegen, zerbricht leicht, kann aber mit Hämmern bearbeitet werden. Bei einer Temperatur von 100—150° *C.* wird es so weich, dass man es zu dünnem Blech (Zinkfolie), selbst wenn es mit anderen Metallen verunreinigt ist, auswalzen kann. Ueber 150° *C.* verringert sich die Geschmeidigkeit des Zinkes und bei 200° *C.* ist es so spröde, dass man es im Mörser zu feinem Pulver zerstampfen kann. Bei etwa 412° *C.* schmilzt es, bei 500° verbrennt es an der Luft mit grünlicher, hellleuchtender Flamme zu Zinkoxyd (Zinkweiss), bei 1040° *C.* kommt es zu wallendem Sieden, so dass es sich leicht destilliren lässt (im Vacuum destillirt es schon bei 184° *C.*).

Die Geschmeidigkeit des Zinkes lässt sich durch einen Bleizusatz von etwa 0·5% erhöhen; man fügt deshalb zuweilen dem Zink etwas Blei hinzu, wenn man Zinkbleche herstellen will. Zink mit Bleizusatz kann aber zur

Fabrikation von Messing nicht benutzt werden, weil der Bleigehalt (schon 0·25%) die Festigkeit des Messings sehr vermindert. Enthält Zink einen grösseren Gehalt an Eisen, so ist es spröde und brüchig.

Ganz reines Zink wird von starker wässeriger Säure nur langsam und unter Entwickelung von Wasserstoff, sowie unter Bildung von Zinkchlorid oder Zinksulfat aufgelöst, und sehr leicht, wenn es mit etwas Platin, Gold oder Kupfer in Berührung oder wenn es nicht rein ist; auch heisse Kali- und Natronlauge vermögen Zink aufzulösen, wobei sich alkalische Zinkverbindungen bilden, ferner Salpetersäure unter Bildung von Zinknitrat.

An feuchter Luft oxydirt Zink, es überzieht sich mit einer dünnen Schicht von basisch kohlensaurem Zinkoxyd, die sehr fest haftet und die unteren Theile sehr energisch gegen das Weitereindringen der Zerstörung schützt; bei dieser Oxydation verliert das Zink seinen Metallglanz und färbt sich weisslich-grau. Immerwährend unter Wasser oxydirt es sehr langsam. Mit Eisen in Berührung, schützt es dieses vor Rost. Durch aus Schornsteinen herabfallende Kohlentheilchen, sowie durch frischen Kalk-, Gyps- und Cementputz kann Zink zerstört werden.

Zink besitzt eine ausserordentliche Gussfähigkeit, es füllt die Formen sehr gut aus und liefert sehr feine Abgüsse. Geschmolzenes Zink erlangt die grösste Gussfähigkeit und ist am dichtesten bei niedrigen Temperaturen, bei höheren Temperaturen wird es porös, auch oft durch Zinkoxyd verunreinigt und dann sehr spröde und brüchig. Man schmilzt es in eingemauerten gusseisernen Kesseln, schöpft es aus diesen mittelst eiserner Löffel aus und giesst es in Formen aus Sand oder Lehm oder in gehörig angewärmte Formen aus Bronze, Messing oder Eisen. Um eine Oxydation des Zinks zu vermeiden, ist das Eingiessen mit besonderer Vorsicht vorzunehmen, und um die Temperatur zu ermässigen, pflegt man wohl dem flüssigen Metall einige Stücke ungeschmolzenen Zinks hinzuzufügen. Complicirte Gegenstände stellt man aus einzelnen, für sich gegossenen Theilen her, die man später zusammenlöthet.

Verwendungen. Ausser zu Gusswaaren (z. B. zu Statuen, Vasen, Candelabern, Kronleuchtern, Ornamenten, Säulen-Capitälen und -Füssen, Bekrönungen, Gitterwerken, Schildern u. s. w.) und zu getriebenen Arbeiten (z. B. zu Gesimsen, Balustern, Dach- und Thurmspitzen u. s. w.) benutzt man das Zink zur Herstellung von Blechen, glatten und wellenförmigen, auch bombirten, d. h. gewölbten, wellenförmigen, rohen, vernickelten und polirten. Das glatte rohe Blech wird in 26 Nummern angefertigt, und zwar in Stärken von 0·1—2·68 *mm* und in Grössen von 0·65 × 2 oder 0·8 × 2 oder 1·0 × 2 oder 1·0 × 2·5 *m*, auf Bestellung auch stärker und grösser hergestellt (grösste Dicke 30 *mm*, grösste Breite 1·65 *m*, grösste Länge 6·0 *m*); das vernickelte und polirte Zinkblech in Stärken von 0·1—1·6 *mm* (und mehr), das Zinkwellblech in 5 Profilen mit einer Wellenbreite von 117—20 *mm*, einer Wellenhöhe von 20—6 *mm* und einer Blechdicke von 0·4—1·21 *mm*, das bombirte Zinkwellblech mit 117 *mm* Wellenhöhe, 55 *mm* Wellenbreite, 0·50—1·02 *mm* Blechdicke und einem kleinsten Bombirungshalbmesser von 1·5 *m*. Man benutzt Zinkblech zur Herstellung von durchbrochenen Gegenständen, Sieben, Käfigen, Fenstervorsätzen (die Nummern 1 bis 8), von Laternen und Lampen, zu Wandbekleidungen feuchter Zimmer (die Nummern 9 und 10), zu Hausgeräthen, Eimern, Wasserkübeln, Wasserrinnen, Giess-

kannen (die Nummern 11—13), zu Dacheindeckungen (Nr. 14), zu Badewannen, Schiffsbeschlägen (Nr. 15 und 16), zu Wasserkisten (Nr. 17), zu Pumpenröhren, grossen Wasserbehältern u. s. w. (Nr. 18—26). Für Dachrinnen nnd Abfallrohre verwendet man die Nummern 9—12.

Zu Dacheindeckungen werden nicht nur die glatten oder (namentlich bei Eisendächern) die wellenförmigen Blechtafeln benutzt, sondern auch Schindel, Ziegel, Rauten und Schuppen aus Zinkblech, die verschiedenartig angestrichen, auch bronzirt u. s. w. sind. Zum Befestigen der Zinktafeln auf Latten oder Schalung dienen Zinknägel, welche entweder aus schmalen Blechstreifen oder aus Zinkdraht hergestellt werden und pro tausend Stück 2·5—2·75 *kg* wiegen.

Ferner stellt man aus dem Zink Draht her und benutzt denselben zu Metallflechtwerken, zum Anbinden von Bäumen u. s. w.; der Zinkdraht hat vor dem Eisendraht den Vorzug, dass er nicht so schnell oxydirt, sich löthen lässt und billiger ist.

Endlich dient das Zink zum Verzinken von Eisen (siehe § 172), zur Herstellung von Metalllegierungen (§ 188), von Zinkweiss und Zinkvitriol, zum Entsilbern des Werkbleies, zum Fällen des Kupfers, Silbers, Bleies u. s. w. aus ihren Lösungen, zur Herstellung von Platten und Cylindern für galvanische Apparate, als positives Element galvanischer Batterien u. s. w.

Das zu Gusswaren dienende Zink kommt unter der Bezeichnung Kaufzink oder Gusszink in Platten von etwa 25 *mm* Dicke in den Handel, das schlesische oder belgische Schmelzzink in Platten von etwa 4 *cm* Stärke.

Zum Schutze des Zinks und gleichzeitig um demselben ein besseres Aussehen zu geben, wendet man Sydramin- und Silicat-Farbenanstriche, auch Lackanstriche an oder man bronzirt das Zink, indem man es in ein Bad aus Kupfervitriol, Cyankalium und Zinkvitriol*) einlegt und dann eine galvanische Batterie benutzt.

Einen schönen schwarzen Ueberzug erhält man, wenn man das Zink mit Quarzsand und verdünnter Schwefelsäure blank scheuert, darauf in eine Lösung von 4 Theilen schwefelsaurem Nikeloxydulammoniak, 40 Theilen

Gewinnung. Für die Gewinnung des Zinns kommt allein nur der Zinnstein (mit 78·6% Zinn) in Betracht, bei welchem man das Seifenzinnerz (Waschzinnerz, Zinnsand, Barilla u. s. w.) und das Bergzinnerz unterscheidet. Ersteres giebt ein reineres Zinn und wird nach dem Zerkleinern entweder unmittelbar oder, nachdem die vorhandenen Nebenbestandtheile durch Schlämmen beseitigt worden sind, mit Kohle im Flammofen bei starker Glühhitze reducirt. Das Bergzinnerz dagegen wird, wenn es mürbe ist, sofort, wenn es hart ist, erst nach vorhergehendem Glühen gepocht, dann geschlämmt und verwaschen (Zinnwäsche), um die leichteren Fremdstoffe von dem specifisch schweren Zinnstein abzusondern, hierauf behufs Zersetzung des Schwefel- und Arsenkies und Umwandlung der damit verbundenen Metalle in specifisch leichtere Oxyde geröstet und endlich geschlämmt, um schwefel- und kupferhaltige Erze auszulaugen und Kupfervitriol als Nebenproduct zu erhalten. Der beim Rösten sich verflüchtigende Arsenik wird in Giftfängen gesammelt.

Das Röstgut, Schlich genannt, wird im niedrigen Schachtofen (in Sachsen und Böhmen gebräuchlich) mit Kohlen vermischt oder im Flammofen (in England gebräuchlich) ausgeschmolzen. Bei Anwendung eines Flammofens wird der Zinnstein mit $^1/_5$ Anthracit klein gemacht und mit Zuschlägen (etwas gelöschtem Kalk und Flussspath) versehen, um die Nebenbestandtheile des Schlichs leichter zu verschlacken. Beim Verschmelzen des Schlichs im Schachtofen bestehen diese Zuschläge nur aus Schlacken, welche von einem früheren gleichen Schmelzprocess herrühren.

Das gewonnene, noch unreine Zinn wird in Blöcke gegossen und dann zum zweiten Male geschmolzen (raffinirt und gesaigert). Die Reinigung des Zinnes von Arsen, Eisen, Kupfer, Wolfram u. s. w. geschieht in Sachsen und Böhmen durch das sogenannte Pauschen, indem man das geschmolzene Zinn auf eine 24—30 *cm* hohe glühende Kohlenlage bringt, wobei das reine Zinn abfliesst, während eine strengflüssige Legierung des Zinnes mit den dasselbe begleitenden Metallen (Dörner) zurückbleibt, und sie erfolgt in England durch das sogenannte Pölen, indem man das Zinn im Flammofen zunächst durch Saigern von den meisten fremden Metallen befreit, dann in gusseiserne Kessel fliessen lässt und hierauf in die flüssige Masse eine grüne Holzstange eindrückt, wodurch ein Aufwallen der Zinnmasse hervorgerufen und durch die damit bewirkte energische Einwirkung der atmosphärischen Luft eine Oxydation der fremden Metalle herbeigeführt wird. Diese Metalloxyde (Krätze) sammeln sich über dem flüssigen Zinn an und werden von dort abgezogen. Das reine Zinn lässt man bis zu einer gewissen Temperatur erkalten, dann schöpft man es aus, giesst es auf eine Kupferplatte und rollt es nach dem Erkalten zusammen (Rollen oder Ballenzinn) oder giesst es zu Stangen oder Blöcken (Blockzinn). Bei dem englischen Verfahren liefert die oberste Schicht das reinste Zinn. Ein anderes, ebenfalls in England gebräuchliches Verfahren zum Raffiniren des Zinns (der sogenannte Tossingprocess) besteht darin, dass man aus einer Kelle flüssiges Zinn aus beträchtlicher Höhe in ein Zinnbad fallen lässt, wodurch ein starkes Schäumen erzeugt wird. Nach etwa drei Stunden hört man mit dem Eingiessen auf und lässt sich das Zinn ruhig absetzen; dasselbe bildet dann drei Schichten, deren oberste das reinste und deren unterste das am stärksten mit fremden Metallen verunreinigte Zinn enthält.

Die beim Verschmelzen des Schlichs sich bildende, aus Kieselsäure, Erden und fremden Metalloxyden bestehende Schlacke enthält oft 15—18% Zinn. Um dieses Zinn zu erhalten, wird entweder die Schlacke nach ihrer Zerkleinerung verwaschen oder im Schachtofen geschmolzen, so dass Zinn (Schlackenzinn) und eine reinere Schlacke gewonnen wird.

Werden Blöcke aus reinem Zinn bis zu einem gewissen Grade erhitzt, und lässt man sie dann aus beträchtlicher Höhe auf einen harten Boden fallen, so zersplittern sie in kleine rundliche Stücke, die Körnerzinn oder Zinnkörner genannt werden.

Das reinste Zinn des Handels ist das Bankazinn, welches in Barren von 20—65 *kg* Gewicht verkauft wird, sowie das Malakkazinn, das in vierkantigen Blöcken von 0·5—1 *kg* Gewicht vorkommt; beide werden aus dem Zinnstein des aufgeschwemmten Landes namentlich in Hinterindien gewonnen. Das schlechteste Zinn ist das Parazinn. Das englische Zinn ist meistens eisen-, das sächsische wismuthaltig.

§ 181. Eigenschaften des Zinns und Verwendungen desselben.

Eigenschaften. Specifisches Gewicht: 7·28—7·29; in Blöcken wiegt Zinn für das Cubikmeter 7300 *kg*, in Stangen 10.000 *kg*. — Längenausdehnung bei 1° *C.* Temperaturerhöhung: 0·00002173. — Schmelzpunkt: 228° *C.*

Das Zinn besitzt eine fast silberweisse Farbe, einen vollkommenen Metallglanz, ein krystallinisches Gefüge, grosse Weichheit (Härte zwischen Gold und Blei), Geschmeidigkeit, Hämmer- und Streckbarkeit, Gussfähigkeit und giebt beim Biegen einen knirschenden Ton von sich, der umso stärker ist, je reiner das Metall ist. Das Zinn lässt sich zu sehr dünnen Blechen (Staniol, Zinnfolie) auswalzen, beziehungsweise mittelst Hämmer ausschlagen und bei 100° *C.* zu Draht ausziehen. Bei 200° *C.* wird es sehr mürbe, so dass man es pulverisiren kann; in der Weissglühhitze verflüchtet es; beim Schmelzen an der Luft überzieht es sich mit einer grauen Oxydschicht (Zinnkrätze) und verwandelt sich endlich in Zinnoxyd (Zinnasche); bei sehr niedriger Temperatur zerfällt es in körnig-krystallinische Stücke oder in ein grobes Pulver; an der Luft büsst das Zinn nach und nach seinen Glanz ein und oxydirt sich sehr wenig. Schwächere Säuren greifen das Zinn wenig, concentrirte Schwefelsäure und Salpetersäure sehr stark an; Salzsäure, Königswasser und Kalilauge lösen das Zinn leicht auf, Kochsalz, Salmiak, Weingeist und Alaun lösen nur geringe Mengen auf. Wird Zinn geätzt, so erhält seine Oberfläche eisblumenartige Figuren (Moiré metallique); man wendet dies Verfahren häufig an, um Weissbleche (verzinnte Eisenbleche) zu verzieren. Beim Reiben mit dem Finger erzeugt das Zinn an letzterem einen eigenthümlichen, lange andauernden Geruch.

Verwendung. Man benutzt das Zinn zu Gusswaren, wobei man es zur besseren Ausfüllung der Formen mit einem geringen Bleizusatz versieht. Die Formen werden aus Sand, Metall, weichem Stein, mitunter auch aus Gyps, Holz, Pappe und Flanell gefertigt. Die Metall-, Stein- und Gypsformen werden vor dem Gusse gehörig angewärmt und mit einem Ueberzug versehen, der das Anhaften des Zinns verhütet. Zu diesem Ueberzug nimmt man Russ, Thon oder (bei Stein- und Pappformen) Kreidewasser. Das Ein-

giessen geschieht mit Schöpflöffeln, und zwar heiss oder kalt. Beim Heissgiessen wird das Zinn fast bis zur Rothgluth erhitzt, dann in die vorgewärmte Form gegossen und hierauf sofort durch Umschlagen nasser Lappen um die Form abgekühlt; beim Kaltgiessen wird das Zinn nur bis fast zur Entstehung von Anlauffarben erhitzt und dann in die Form gegossen. Zu stark erhitztes Zinn erscheint nach dem Erkalten auf der Oberfläche gestreift und rothbrüchig, zu schwach erhitztes matt und kaltbrüchig. Aus Zinnguss werden Haus- und Tischgeschirre, Spielwaren (z. B. Zinnsoldaten) u. s. w. hergestellt, ferner Abdampfpfannen für Apotheker, Destillirhelme, Kühlapparate, Kessel für Färber und Laboratorien u. s. w. Sodann verwendet man das Zinn zur Anfertigung von Röhren mit 2—3 *mm* Wandstärke und 4—50 *mm* Lichtweite, die häufig mit einem Bleimantel versehen werden, zu Metalllegierungen (siehe § 188), zum Verzinnen von Eisen, Kupfer und Zink (siehe § 172), zum Löthen von Fensterblei. Das Staniol dient zum Bekleiden feuchter Wände, als Isolirmittel zwischen Fundament und aufgehendem Mauerwerk, in Form von Zinnamalgam zum Belegen von Spiegeln, in gefärbtem Zustande zu Verzierungen aller Art; ferner benutzt man das dünne Staniol zum Ausfüttern von Büchsen und Kästen, zum Einwickeln von Chocolade, Seife, Käse, Cigarren u. s. w. Aus dem reinsten Zinn stellt man Orgelpfeifen her oder auch aus einer Legierung von 96 Theilen Blei und 4 Theilen Zinn.

V. Blei.

§ 182. Gewinnung des Bleies.

Erze. Das Blei kommt sehr selten gediegen vor und muss daher aus bleihaltigen Erzen gewonnen werden. Das wichtigste Bleierz ist der Bleiglanz (Schwefelblei), welcher aus 86·5% Blei und 13·5% Schwefel besteht; weniger wichtig für die Bleigewinnung ist das Weissbleierz (Cerussit, Bleispath) mit 83·5% Bleioxyd und 16·5% Kohlensäure, das Grünbleierz (Bleiphosphat), das Vitriolbleierz (schwefelsaures Bleioxyd), der Bournonit und das Rothbleierz.

Gewinnung. Zur Gewinnung des Bleies im Grossen dient hauptsächlich der Bleiglanz. Je nach der Beschaffenheit und Menge der im Bleiglanz enthaltenen Nebenbestandtheile ist die Verhüttung eine verschiedene. Der Hauptsache nach unterscheidet man hierbei drei Methoden: die Röstarbeit, die Röstreductionsarbeit und die Niederschlagsarbeit; hierzu kommt noch die elektrische Bleigewinnung.

a) Röstarbeit. Man wendet dieselbe hauptsächlich bei einem Erz mit quarzarmer Gangart an, weil die Masse bei Gegenwart von Kieselsäure schnell schmilzt und sich bei der grossen Verwandtschaft der Kieselsäure zum Bleioxyd schnell bleireiche Schlacken bilden.

Der Bleiglanz wird in einem Flammofen mit einer in der Mitte vertieften Herdsohle (oder — wiewohl seltener — in einem offenen Herde) unter beständigem Umrühren bei Zutritt der Luft so geröstet, dass die Masse nicht erweicht; hierbei verwandelt sich ein Theil des Bleiglanzes in Bleioxyd und in Sulfat. Hierauf werden alle Arbeitsöffnungen des Flammofens geschlossen, und es wird das Feuer verstärkt (Reactionsperiode); es liefert dann das Bleioxyd und das schwefelsaure Bleioxyd mit dem unzersetzt gebliebenen

Bleiglanz metallisches Blei, welches sich in der Vertiefung des Herdes ansammelt, sowie schwefelige Säure.

Der nach dem Abfliessen des Bleies verbleibende oxydische Rückstand wird im Schachtofen mit Kohle verschmolzen (Rückstandsperiode).

b) Röstreductionsarbeit. Enthält der Bleiglanz viel fremde Schwefelmetalle (namentlich Schwefelkies, Arsenikkies und Zinkblende, die nebenher verhüttet werden sollen) und quarzreiche Gangart, so wird er zunächst geröstet, um einen Theil Schwefel und Arsen zu entfernen und die Schwefelmetalle in Metalloxyde und schwefelsaure Salze zu verwandeln; dann wird das Röstgut unter Zusatz von Kohle und Flussmittel (Schlacke) im Schachtofen bei einer nicht zu hohen Temperatur niedergeschmolzen, wobei das Bleioxyd zu metallischem Blei reducirt wird und die übrigen Oxyde verschlacken.

c) Niederschlagsarbeit. Bleiglanz mit einem grösseren Kieselsäuregehalt (Erden) und mit fremden Metallen wird mit Eisen (oder auch mit Eisenfrischschlacken, Eisenerzen u. dergl.) im Schachtofen unter Einwirkung von Gebläseluft niedergeschmolzen, wobei sich Schwefeleisen und metallisches Blei bilden.

Das auf die eine oder andere Weise erhaltene Blei (Werkblei) enthält noch kleine Mengen von Kupfer, Eisen, Antimon, Arsenik, Zink und häufig Silber (0·01—0·03%, ausnahmsweise 0·5—1%), es muss daher noch gereinigt oder, wenn sich die Gewinnung lohnt, entsilbert werden. Zum Raffiniren des Werkbleies genügt häufig ein einfaches Umschmelzen bei niedriger Temperatur, wobei das leichtflüssige Blei aussaigert, während sich die fremden Metalle oxydiren und auf dem Blei ablagern (Krätze), so dass sie leicht abgezogen werden können. Ist das Werkblei aber stärker verunreinigt, so muss man es im Flammofen umschmelzen, hierbei ihm Luft oder überhitzten Wasserdampf zuführen, es mit oxydirenden Stoffen (z. B. Bleiglätte, Salpeter u. s. w.) kräftig verrühren oder in die geschmolzene Masse eine saftige Holzstange eindrücken, um erstere in eine heftige aufwallende Bewegung zu versetzen (vergl. § 180) u. s. w. Bei diesem Umschmelzen werden alle Beimengungen mit Ausnahme des Silbers ausgeschieden.

Beim Entsilbern wendet man vorzugsweise zwei Methoden an: das Abtreiben und das Entsilbern mittelst Zink. Das Abtreiben geschieht auf dem kreisrunden, kesselförmig vertieften Herde eines kreisförmigen Gebläseofens (Treibofens), auf welchem das Werkblei unter Zuführung von Gebläseluft geschmolzen wird. Hierbei entsteht auf der Oberfläche des Bleies beim Anlassen des Gebläses eine schaumige schwarze Masse (schwarze Glätte), später eine grünlichbraune, schlackige und dichte Masse (mittlerer Abstrich) und schliesslich reines Bleioxyd (Bleiglätte). Die Bleiglätte fliesst ab oder wird von der porösen Herdsohle aufgesogen, und an der tiefsten Stelle des Herdes sammelt sich eine an edlem Silber bei fortgesetzter Schmelzung und Zuführung der Gebläseluft immer reicher werdende Legierung. Zuletzt ist das Silber nur noch von einer dünnen, regenbogenfarbigen Oxydschicht bedeckt, und wenn letztere entfernt wird, zeigt sich die glänzende, spiegelklare Oberfläche des reinen Silbers (Silberblick). Die entstandene Bleiglätte wird, sofern sie nicht als solche technisch verwendet werden soll, durch Einschmelzen mit Kohle im Flammofen zu metallischem Blei (Frischblei) reducirt. Dieses Frischblei ist in reinem Zustande als Handels-

waare verwendbar, es wird aber meistens noch raffinirt und weiter entsilbert. Der mittlere Abstrich liefert ein unreines, 14—44% Antimon enthaltendes, auch mit Kupfer, Eisen, Arsen und Schwefel vermengtes Blei, Hartblei oder Antimonialblei, das zum Schrotguss, Schriftguss u. s. w. verwendet, aber auch raffinirt wird, um Weichblei zu erhalten. In neuerer Zeit wird statt des Abtreibens weit häufiger das Entsilbern mittelst Zink ausgeführt. Bei dieser Methode wird das Blei mit Zink zusammengeschmolzen und die geschmolzene Masse tüchtig durchgerührt; hierbei entzieht das Zink dem Blei alles Silber, steigt mit demselben, weil es sich mit dem Blei nicht vermischt, bei langsamer Abkühlung der flüssigen Masse an die Oberfläche des Metallbades, erstarrt dort und wird von dem flüssigen Blei abgehoben. Die Trennung des Zinks von dem Silber geschieht in der Regel durch Oxydation mit überhitztem Wasserdampf.

Elektrische Bleigewinnung nach dem Verfahren von Blas und Miest. Der Bleiglanz wird so zerkleinert, dass seine Korngrösse etwa 7 *mm* beträgt, dann werden diese Körner in Metallformen unter einem Druck von 100 Atmosphären zu Platten gepresst, diese Platten in einem Ofen auf etwa 600° *C.* erhitzt, in heissem Zustande nochmals gepresst und hierauf rasch abgekühlt, um das Entleeren zu erleichtern. Diese Platten werden dann als Anode in ein Bleinitrat-Bad gehängt.

§ 183. Eigenschaften des Bleies und Verwendung desselben.

Eigenschaften. Specifisches Gewicht des Bleies: je nach der Reinheit 11·25—11·445. — Längenausdehnung bei 1° *C.* Temperaturerhöhung: 0·00002848. — Schmelzpunkt: etwa 334° *C.*

Festigkeit. *a*) Zugfestigkeit: nach Karmarsch beim gegossenen Blei 95 *kg*, beim gewalzten 83—173 *kg*, beim Bleidraht 213—232 *kg* für das Quadratcentimeter. — *b*) Druckfestigkeit: nach Rennie 540 *kg* für das Quadratcentimeter. — *c*) Abscherungsfestigkeit: nach Treca 120 *kg* für das Quadratcentimeter. — *d*) Elasticitätsmodul: nach Rankine 50.620 *kg* für das Quadratcentimeter.

Reines Blei ist von allen unedlen Metallen das weichste und schwerste. Es besitzt in reinem Zustande eine leichte Schmelzbarkeit, leichte Formbarkeit, leichte Hämmer- und Walzbarkeit, lässt sich erwärmt zu Röhren pressen und zu dickem Draht ausziehen, mit der Raspel, aber nicht mit der Feile, die es leicht verschmiert, bearbeiten, mit dem Messer zerschneiden und ist zu Gusswaaren gut geeignet. Das Blei hat eine eigenthümlich lichtgraue Farbe und zeigt auf der Bruchfläche ein geschmolzenes, homogenes Aussehen; es ist frisch geschnitten glänzend, verliert aber diesen Glanz an der Luft sehr bald.

Nach Knorre's Untersuchung (siehe »Deutsche Bauzeitung«, 1887, S. 45) besitzt Blei, wenn es sich in grösseren Massen an der Luft befindet, eine fast unbegrenzte Dauerhaftigkeit, während es in feiner Vertheilung durch Luft und Feuchtigkeit sehr schnell oxydirt wird. In trockener Luft und im luftfreien Wasser tritt eine Oxydation nicht ein; dieselbe wird auch verhindert durch die Anwesenheit geringer Mengen von Kohlensäure und doppeltkohlensaurem Kalk, dagegen befördert durch faulende organische Stoffe, sowie durch Chlor und Salpetersäure. Selbst kleine Mengen von salpeter- oder schwefel-

sauren Salzen, sowie Aetzkalk zerstören das Blei bei Luftzutritt sehr schnell, und Essigsäure beschleunigt bei Gegenwart von Luft die Oxydation des Bleies ausserordentlich, so dass man Blei oder Bleiglasur zu Koch- und Essgeschirren nicht verwenden darf.

Der Ueberzug, welcher sich auf dem blanken Blei an feuchter Luft bildet und aus Bleisuboxyd besteht, schützt das Innere vor weiterer Oxydation. Weiches Wasser, namentlich Regenwasser, bildet mit dem Blei Bleioxydhydrat, welches im Wasser etwas löslich ist; daher ist die Gefahr vorhanden, dass zu Wasserleitungen benutzte Röhren das Wasser vergiften. Enthält das Wasser jedoch (wie z. B. Brunnen- und Flusswasser) etwas Kohlensäure, kohlensaure oder schwefelsaure Salze, so entsteht kohlensaures, beziehungsweise schwefelsaures Bleioxyd, das im Wasser fast ganz unlöslich ist und einen festen, die weitere Oxydation des Bleies verhindernden Ueberzug bildet. Zum Schutz gegen Bleivergiftungen kann man die Innenwandung der Bleiröhren für Wasserleitungen verzinken oder (nach dem Vorschlage von Dr. Schwartz) mit einer Schwefelnatriumlösung behandeln, um im Inneren der Röhre eine Schwefelbleischicht zu erzeugen. Besser aber ist es, sogenannte Mantelröhren zu Wasserleitungen zu verwenden, deren Innenwandung aus einem etwa 0·5 mm starken Zinncylinder und deren Aussenwandung aus einem stärkeren Bleimantel besteht.

Beim Schmelzen des Bleies entsteht eine Schlacke von gelblich-grauem Bleisuboxyd, die sich bei fortgesetztem Erhitzen in gelbes Bleioxyd, zum Theil auch in Bleisuperoxyd verwandelt. Bis fast zum Schmelzen erhitzt, wird das Blei spröde und lässt sich dann durch Hämmern in Stücke theilen. In der Rothglühhitze beginnt es zu verdampfen, in der Weissglühhitze zu kochen, wobei sich sehr giftige Dämpfe entwickeln.

An den Händen, auf Papier und auf Leinenzeug färbt das Blei stark ab. Blei ist ein guter Leiter der Wärme und der Elektricität. —

Verwendung. Aus Blei stellt man Platten, Bleche, Draht, gegossene oder gepresste Röhren u. s. w. her, ferner benutzt man gezogenes Blei zu Fensterverglasungen, Bleiguss zur Erzeugung von Ornamenten, Statuen, Kugeln, Schrot, Plomben, Buchdruckerlettern (gewöhnlich aus Hartblei) u. s. w., starke Bleiplatten zur Herstellung von Siedepfannen für Alaun, Vitriol und Schwefelsäure, von Bleikammern der Schwefelsäurefabriken, Bleche zu Dacheindeckungen (namentlich in Frankreich), zum Belegen von Balkons, Terrassen u. s. w., dünne Platten zum Isoliren von feuchtem Untergrund, sowie als Zwischenlagen in Steinfugen und Holzverbindungen, dünne Bleche zum Verpacken (besonders von Tabak, der aber leicht bleihaltig werden kann). Sodann dient das Blei zur Herstellung von Metalllegierungen (vergl. § 188), zum Vergiessen von Eisentheilen, die in Stein befestigt werden sollen, z. B. Klammern, Haken, Geländer oder Gitterpfosten und endlich zur Darstellung von Bleipräparaten, wie z. B. Bleiweiss, Bleigelb, Mennige u. s. w. und bei hüttenmännischen Processen zum Ausbringen von Silber und Gold.

Sollen aus Blei Gusswaaren hergestellt werden, so schmilzt man dasselbe in einem eingemauerten Kessel und benutzt als Formstoff zu Platten Sand oder Stein, zu Kugeln, Plomben u. s. w. Eisen.

Als Kugelform benutzt man eine Art Zange, deren Maulflächen die Höhlung der halben Kugel besitzen. Zur Herstellung von Flintenschrot verwendet man Blei mit 0·3—0·8 % Arsen, schmilzt es, lässt es durch ein mit

iglätte bedecktes Sieb tropfenweise aus 30—36 *m* Höhe herabfallen, wobei sich abrundet und abkühlt, und fängt es in einem Gefäss auf, das mit isser gefüllt ist, dem etwas Schwefelnatrium beigefügt ist, um einen dünnen berzug von Schwefelblei zu erzeugen, welcher die Schrotkörner vor Oxy-tion an der Luft schützt. Durch Siebe werden die Schrotkörner sortirt d in Trommeln mittelst Reissblei polirt.

Im Handel kommt das Blei vor in Form von:

Blechen in 18 Nummern in Breiten von 1·0—2·45 *m*, Längen von beziehungsweise 10 *m* und in Dicken von 1—10 *mm*. (Hartbleibleche rden in Dicken von 3 *mm* und darüber geliefert.)

Platten zu Isolirungszwecken von 0·1—1·0 *m* Breite und verschiedener cke.

Röhren. Bei ihnen unterscheidet man:

a) Bleiröhren für Gasleitungen von 4—25 *mm* Lichtweite und 1·5 bis *nm* Wandstärke.

b) Weichbleiröhren für Wasserleitungen von 10—80 *mm* Lichtweite, —7·5 *mm* Wandstärke, und je nach der Weite von 5—30 *m* Länge, un-zinnt oder innen verzinnt.

c) Bleiabflussröhren von 30—150 *mm* Lichtweite, 2—7·5 *mm* Wand-rke und 2—4 *m* Länge.

d) Hartbleiröhren von 15—200 *mm* Lichtweite; unverzinnt oder innen er aussen verzinnt oder innen und aussen verzinnt.

e) Mantelröhren (siehe Eigenschaften des Bleies).

Draht von 1—15 *mm* Durchmesser.

Tapeten- oder Blumenblei, sehr dünne Bleche.

Walzblei von 0·5—0·75 *mm* Dicke; — u. s. w.

VI. Aluminium.

§ 184. Gewinnung des Aluminiums.

Aluminium findet man nicht gediegen, sondern in Form von Thon-le (Aluminiumoxyd). Aluminium enthält der Thon, der Lehm, der Mergel, le Ackerkrume u. s. w., so dass dieses Metall zu den verbreitetsten offen auf der Erdoberfläche gehört.

Bis vor wenigen Jahren stellte man das Aluminium durch Zersetzen n Chloraluminiumnatrium mittelst Natrium dar, während jetzt bei der Ge-nnung des Aluminiums im Grossen nur noch das elektrolytische Ver-hren angewendet wird.

Von der »Aluminium-Industriegesellschaft« in Neuhaus a. Rh., wie von der Fabrik in Troyes bei Grénoble ist das L'Hérault'sche rfahren gewählt worden, das im Wesentlichen folgendes ist: In einem kwandigen, viereckigen, mit Holzkohle ausgefütterten, isolirt aufgestellten hmelztiegel ist als Boden eine Metallplatte angebracht, welche als negative ektrode dient, oder es ist dieser Tiegel durch eine Umhüllung von Eisen-tten mit dem negativen Pol der Dynamomaschine verbunden. Durch den ckel des Tiegels geht die aus einem Bündel von Kohlenplatten oder aus iem Kohlenblock bestehende positive Elektrode, welche mit Hilfe eines schenzuges oder eines Handrades mit Schraube verstellt werden kann,

ins Innere des Tiegels. Im Boden befindet sich an seiner tiefsten Stelle ein seitlicher Canal, der mit einem Kohlenstab verschliessbar ist. Beim Beginn der Arbeit füllt man je nach der gewünschten Legierung zerkleinertes Kupfer oder Eisen in den Tiegel, bringt diesem Metall die positive Elektrode (das Kohlenbündel oder den Kohlenstab) entgegen, leitet den von einer durch Wasserkraft u. s. w. betriebenen Dynamomaschine erzeugten elektrischen Strom durch das Kupfer oder Eisen und bringt dasselbe dadurch zum Schmelzen. Hierauf wird durch Oeffnungen des Deckels Thonerde eingebracht und die positive Elektrode etwas höher gestellt; der Strom geht dann durch die Thonerde, schmilzt und zersetzt sie. Das Aluminium vereinigt sich mit dem Kupfer, beziehungsweise Eisen, während der frei gewordene Sauerstoff an die Kohle des positiven Poles geht und dieselbe verbrennt, so dass Kohlenoxyd entweicht. Die Aluminiumlegierung sammelt sich am Boden des Tiegels an und wird von Zeit zu Zeit durch den Seitencanal abgelassen und in eine mit Kohle ausgefütterte Form gefüllt, während durch den Deckel Kupfer, beziehungsweise Eisen und Thonerde nachgebracht und das Verfahren fortgesetzt wird.

Nach diesem Verfahren lässt sich nur eine Aluminiumlegierung (Aluminiumbronze) gewinnen, weil sich das reine Aluminium sofort mit Kohle verbindet und von dieser nicht befreit werden kann. Der Neuhauser Fabrik ist es aber gelungen, auch reines Aluminium elektrolytisch darzustellen, jedoch wird von ihr das Verfahren geheim gehalten.

Aehnlich dem L'Hérault'schen Verfahren ist das auf dem Cowles Works in Milton bei Stoke on Trent und in Lockport (New-York) angewendete, nur wird bei demselben der elektrische Strom durch ein Gemenge von Kupfer- oder Eisengranalien, Korund und Holzkohlenstücken geleitet, das über einer Schicht aus gepulverter und mit Kalkmilch getränkter Kohle auf dem Boden des Ofens liegt.

§ 185. Eigenschaften des Aluminiums und Verwendungen desselben.

Eigenschaften. Specifisches Gewicht: 2·56, durch Bearbeitung (Hämmern u. s. w.) wird es bis auf 2·67 erhöht (Aluminium ist also dreimal leichter als Kupfer und viermal leichter als Silber). Zugfestigkeit: gegossenes Aluminium im Mittel 1200 *kg*, geschmiedetes 2300—2700 *kg*, getempertes 800—1000 *kg* für das Quadratcentimeter. Schmelzpunkt: etwa 700° *C*.

Aluminium hat eine bläulich-weisse Farbe, einen hohen Glanz, einen starken Klang und auf der Bruchfläche eine krystallinische Structur; letztere ist beim gegossenen Aluminium grobfaserig, beim geschmiedeten, gewalzten oder gezogenen feinfaserig oder feinkörnig. Das Aluminium ist härter als Zinn, weicher als Zink und Kupfer. Es lässt sich giessen, schmieden, walzen, zu Draht ausziehen, prägen u. s. w. Beim Abdrehen, Hobeln und Feilen verschmiert es in Folge seiner Weichheit leicht die Werkzeuge und stumpft die Schneide des Stahles ab, indem sich Aluminiumtheilchen an dieselbe ansetzen. Durch wiederholtes Bestreichen des Aluminiums und Stahles mit Oel lässt sich dieser Uebelstand vermeiden und ein Verschmieren dadurch, dass man auf einmal nur kurze Späne abnimmt. Mit dem Grabstichel lässt sich das Aluminium nur dann bearbeiten, wenn man es mit einem Gemisch von

4 Theilen Terpentinöl und 1 Theil Stearinsäure, oder von Olivenöl und Rum benetzt, anderenfalls gleitet der Grabstichel ab. Zum Zerschneiden des Metalles kann man eine gut geschränkte, eingeölte Kreissäge benutzen; zum Abtrennen einzelner Theile von einem grösseren Stücke verwendet man am besten die Fräse.

Zum Schleifen von Aluminium dient Bimsstein mit Olivenöl, zum Poliren ein in eine Mischung von Baumöl und Rum getauchter Polirstein, zum Putzen am besten Benzin.

Aluminium ist ein guter Leiter der Wärme und der Elektricität; es lässt sich vergolden und versilbern, aber nur schwer plattiren. Gegen Witterungseinflüsse ist es bei gewöhnlicher Temperatur sehr widerstandsfähig; durch Wasser und verdünnte Säuren (namentlich Essig, Schwefel- und Salpetersäure) wird es fast gar nicht, durch Kochen mit verdünnten Säuren schwach, durch Salzsäure und Natronlauge sehr stark angegriffen; Schwefelwasserstoff übt auf Aluminium gar keinen Einfluss aus. Aluminium lässt sich selbst bei Luftzutritt schmelzen, ohne zu oxydiren. Eine ganz dünne, kaum bemerkbare Oxydschicht auf der Oberfläche bietet auch bei hoher Temperatur einen Schutz gegen weitere Oxydation.

Die Härte des Aluminiums lässt sich durch einen Zusatz von Nickel (bis 2%) vermehren, ebenso die Elasticität, während durch einen Nickelzusatz das Aluminium leichter schmelzbar wird. Das Metall wird durch einen Zusatz von mehr als 1—2 % Eisen hart und brüchig und krystallisirt mit 8 % Eisen zu Nadeln. Ein Zusatz von $^1/_{1000}$ Wismuth macht das Aluminium spröde, ein Zusatz von $^1/_{10}$ Gold nimmt ihm seine Dehnbarkeit. Aluminium verwandelt beim Giessen den im Eisen enthaltenen Kohlenstoff in Graphit, der im Augenblick des Erstarrens ausscheidet, reducirt die im Roheisen enthaltenen Oxyde und zersetzt die gasartigen und festen Verbindungen des Kohlenstoffes mit Sauerstoff und Wasserstoff; es erzeugt dichte und blasenfreie Güsse. Setzt man dem Gusseisen 15 % Aluminium hinzu und giesst man es in Coquillen, so erhält es eine krystallinische Structur und wird so hart, dass man es nicht mit einer Feile bearbeiten kann. Die Härte des Stahles wird bei einem Zusatz von 7 % Aluminium und 1 % Mangan so bedeutend, dass man mit dem Stahl fast Glas ritzen kann. Ein Zusatz von Aluminium zum Kupferguss verhindert ein Treiben desselben und befreit das Kupfer vollständig von Oxydulverbindungen; $^1/_{1000}$—$^1/_{5000}$ Aluminium genügt, um selbst altes Messing und Metallabfälle zu reinigen, u. s. w.

Verwendung: Aus Aluminium fertigt man: Bleche von 0·25—5 *mm* Dicke, Röhren von 1 *mm* Wandstärke an und mit 10—60 *mm* Durchmesser, Draht von 0·5—5 *mm* Stärke, Thürgriffe, Schlüssel, Klingeln, Haus- und Küchengeräthe, Leuchter, Truppenausrüstungsgegenstände, Schmucksachen, kleine Gewichte u. s. w.; ferner stellt man aus ihm wissenschaftliche Instrumente her, Balken von Präcisionswaagen, Röhren grösserer Teleskope, Spiegelsextanten, Indicatoren, Anemometer, Fassungen für Magnetsysteme, Beinschienen, Canülen u. s. w., und benutzt es zum Bau von Schiffen, zu Metalllegierungen (vergl. § 188), in der Zahntechnik u. s. w.

Während der Preis von 1 *kg* Aluminium im Jahre 1855 fast 1000 Mark betrug, ist derselbe seitdem immer mehr und mehr gesunken; jetzt wird 1 *kg* mit 4—5 Mark bezahlt.

VII. Nickel.

§ 186. Gewinnung des Nickels.

Erze. Nickel kommt in der Natur nicht gediegen vor und muss daher aus nickelhaltigen Erzen gewonnen werden. Die wichtigsten Nickelerze sind: Rothnickelkies (Kupfernickel) mit 44 % Nickel, Antimonnickel mit 31·4 % Nickel, Weissnickelkies mit 28 % Nickel, Haarkies, Nickelantimonglanz mit 26·8 % Nickel, und Garnierit (Nickel-Magnesium-Hydrosilicat) mit 11—16 % Nickel; ferner kommt das Nickel in manchen Schwefel- und Magnetkiesen vor. Verhüttet werden vorzugsweise Rothnickelkies, Schwefelnickel und Garnierit.

Gewinnung. Da Nickelerze gewöhnlich mit anderen Erzen oder Gangarten vermengt sind, so wird meistens ein ein- oder mehrmaliges Schmelzen (Concentrationsschmelzen) nothwendig, um die Ansammlung des Nickels der Erze in einen Stein oder in Speise herbeizuführen. Als Concentrationsmittel dient bei Erzen, in denen das Nickel als Schwefelmetall vorkommt, Schwefeleisen, bei Erzen dagegen, welche Nickel neben Arsen enthalten, Arsen; im ersteren Falle erhält man Stein mit 35 % Nickel, im letzteren Speise mit 40—55 % Nickel. Zuweilen kommt als nickelhaltiges Product noch Schwarzkupfer hinzu. Die Ausscheidung des Nickels aus diesen Producten des Concentrationsschmelzens erfolgt meistens auf nassem, sehr selten auf trockenem Wege. Bei letzterem Verfahren wird aus der Arsen- oder Schwefelverbindung (Speise oder Stein) durch mehrmaliges Rösten und reducirende Vorgänge schliesslich metallisches Nickel gewonnen.

Bei der Nickelausscheidung auf nassem Wege wird der Stein ebenfalls geröstet, um das vorhandene Eisen in Eisenoxyd zu verwandeln und Nickel, Kupfer und Kobalt als Sulfide oder Chloride in Wasser löslich zu machen. Beim Auslaugen mit Wasser wird der grösste Theil des Nickels und Kobaltes, sowie eine geringe Menge Kupfersulfat ausgezogen. Der Rückstand wird mit Schwefelsäure behandelt, wobei Kupfer- und Nickeloxyd ausgezogen werden, während hauptsächlich Eisenoxyd zurückbleibt. Die Speise wird nach dem Rösten, wobei ein Theil des Arsens sich verflüchtigt, mit einem Gemenge von Natronsalpeter und Soda oder mit Natriumcarbonat und Schwefel geschmolzen und das entstandene Natriumarsenat mit Wasser ausgelaugt; die zurückgebliebenen Oxyde werden geglüht und dann ebenfalls ausgelaugt. Aus den beiden Lösungen werden zunächst Eisen und Arsen, dann Kupfer durch Kreide und schliesslich das Nickel durch eisenfreie Kalkmilch ausgeschieden. Das entstandene Nickeloxydulhydrat wird filtrirt, gepresst, getrocknet, geglüht, dann mit Wasser gemahlen und hierauf mit stark verdünnter Säure bis zur Beseitigung allen Gypses gewaschen. Das reine Nickeloxydul wird mit Roggenmehl und Melasse zu einem steifen Teig vermischt, eingestampft und in kleine Würfel von 1·5—3 *cm* per Seite zerschnitten. Nach schnellem Trocknen werden die Würfel mit Kohlenstaub in Tiegeln oder stehenden Thoncylindern geglüht, wobei die Reduction von aussen nach innen fortschreitet. Von Zeit zu Zeit zieht man unten das reducirte Metall ab und beschickt die Tiegel oder Thonröhren oben mit neuem Oxyd. Man erhält auf diese Weise Würfelnickel mit 94—99 % Nickel nebst Kohlenstoff und geringen Mengen Kobalt, Kupfer und Eisen, das in kleinen, etwas

unregelmässigen Würfeln von etwa 1 *cm* Seitenlänge in den Handel kommt.*) Oft wird auch für die Neusilberindustrie eine Kupfernickellegierung dargestellt, die wie das Rosettenkupfer zu Scheiben gerissen werden kann.

§ 187. Eigenschaften des Nickels und Verwendungen desselben.

Eigenschaften. Specifisches Gewicht: 8·97—9·26. Farbe: fast silberweiss mit einem schwachen Stich ins Gelbliche.

Nickel ist strengflüssig und schmilzt bei etwas niedrigerer Temperatur wie Eisen. Es besitzt eine ziemliche Härte, ist in reinem Zustande sehr dehnbar, hämmerbar und walzbar, hat starken Metallglanz und lässt sich leicht poliren. In der Weissglühhitze kann man Nickel mit Eisen und Stahl zusammenschweissen, auch kann man Nickel giessen und zu Draht ausziehen. Die Dehnbarkeit des geschmolzenen Nickels ist eine geringe, man kann sie aber durch Umschmelzen des Metalles unter Zusatz von etwa 0·1 % Magnesium oder Mangan vergrössern. Nickel widersteht den Einwirkungen von Luft und Wasser sehr kräftig, ist in verdünnter Salz- und Schwefelsäure langsam löslich und wird von Salpetersäure unter Wasserstoffentwickelung leicht aufgelöst. In seinem magnetischen Verhalten gleicht es dem Eisen; in der Telegraphie werden Nickelmagnete an Stelle der Eisenmagnete vielfach benutzt.

Verwendung. Man stellt aus Nickel Tiegel für Laboratorien, Koch- und Essgeschirre, Guss-, Schmiede- und Drahtwaren her und benutzt das Metall zum Vernickeln von Eisen und Stahl (vergl. § 172) und zur Herstellung von Metalllegierungen (z. B. von Nickelmünzen; vergleiche den folgenden Paragraphen).

§ 188. VIII. Metalllegierungen.

Erklärungen. Legierungen stellen durch Zusammenschmelzen erhaltene Verbindungen zweier oder mehrerer Metalle mit einander dar. Verbindungen des Quecksilbers mit anderen Metallen nennt man jedoch Amalgame. Der praktische Werth der Legierungen besteht darin, dass man gewisse Eigenschaften eines Metalles oft schon durch einen kleinen Zusatz anderer Metalle nach Bedürfniss abändern und dadurch die Verwendbarkeit des Metalles erhöhen kann. Zu manchen Verwendungen sind die einfachen Metalle oft nicht brauchbar, so z. B. kann Kupfer nicht gegossen werden, weil es poröse und blasige Gussstücke liefert.

Ferner giebt es auch einige Metalle, die sich in reinem Zustande nahezu gar nicht technisch verwenden lassen, sondern fast immer mit anderen Metallen legiert werden müssen, wie z. B. Gold, Silber, Nickel, Antimon, Wismuth u. s. w.

Die Legierungen sind nicht immer reine Metalle, sondern zum Theil auch chemische Verbindungen der Metalle, welche aus letzteren herauskrystallisiren und die Homogenität der Legierung zerstören.

Eine Entmischung kann auch eintreten, wenn die zusammengeschmolzenen Metalle eine sehr verschiedene Schmelzbarkeit besitzen und das leichtflüssigere

*) Siehe F. Fischer, »Handbuch der chemischen Technologie«, 1893, S. 243.

Metall überwiegt; letzteres fliesst nämlich bei langsamer Abkühlung häufig zum grössten Theile ab, so dass nur eine kleine Menge von ihm zurückbleibt und sich mit dem strengflüssigen Metalle verbindet. Diese Eigenthümlichkeit benutzt man zum Entsilbern des Bleies und zum Reinigen des Zinns. Eine Entmischung ist bei Kupferzinnlegierungen von Nachtheil; es bilden sich dann im Inneren des Bronzegussstückes Zinnflecken, d. h. Krystalle von grösserem Zinngehalte; man vermeidet diese Bildung nur, wenn man den Guss schnell abkühlt. Ein flüchtiges Metall lässt sich aus einer Legierung zum grossen Theile, jedoch nicht ganz, durch starkes und längere Zeit währendes Erhitzen heraustreiben.

Darstellung der Legierungen. Man schmilzt zuerst das strengflüssigere Metall, lässt es fast bis zum Erstarren erkalten und setzt dann das leichter schmelzbare hinzu, wobei man das Schmelzgut mit einem gedörrten Holzstabe tüchtig umrührt und nach jedem Zusatze die Schmelztemperatur erhöht. Um beim Zusammenschmelzen den Zutritt der Luft möglichst zu verhindern und die Bildung von Oxyd zu vermeiden, nimmt man das Einschmelzen unter einer Kohlendecke (auch wohl Sanddecke) vor. Sind mehrere leicht schmelzbare Metalle mit einem schwer schmelzbaren zu vermischen, so schmilzt man die leichtflüssigen für sich zusammen und setzt diese Legierung dem strengflüssigen Metalle hinzu. Zum Schmelzen benutzt man hauptsächlich gewöhnliche, mit Steinkohlenfeuerung eingerichtete Schmelzöfen (Flammöfen), doch werden auch Tiegelöfen für Glüh- oder Flammenfeuerung verwendet.

Eigenschaften der Legierungen. Die Eigenschaften der Legierungen weichen von denen der einzelnen Metalle meistens ganz erheblich ab. Der Schmelzpunkt der Legierungen ist in der Regel niedriger als das arithmetische Mittel aus den Schmelzpunkten der gemischten Metalle, die Gussfähigkeit dagegen meistens grösser als die der einzelnen Metalle. Die Sprödigkeit ist grösser als die des weichsten der hinzugemischten Metalle, und es vermindert sich die Sprödigkeit eines Metalles niemals durch Legieren mit einem noch spröderen Metalle. Die Härte ist gewöhnlich grösser als die des weichsten Metalles der Bestandtheile und die Streckbarkeit und Dehnbarkeit meistens geringer als die des streckbarsten und dehnbarsten der gemischten Metalle. Die Politurfähigkeit ist in der Regel bedeutender als die der Einzelmetalle, das Leitungsvermögen für Wärme und Elektricität dagegen geringer. Das specifische Gewicht liegt zum Theile über, zum Theile unter dem arithmetischen Mittel der Gewichte der Einzelmetalle; eine Zunahme des specifischen Gewichtes ergiebt sich bei Kupfer und Zink, Kupfer und Zinn, Blei und Antimon; eine Abnahme bei Gold und Silber, Gold und Kupfer, Silber und Kupfer, Zinn und Blei, Zinn und Antimon. Den Einflüssen der Witterung vermögen die Legierungen gewöhnlich besser zn widerstehen als die einzelnen Metalle.

Die wichtigsten Legierungen*) sind:

A. Legierungen von Kupfer und Zink.

1. Rothes Tombak: 97·8 Theile Kupfer, 2·2 Theile Zink.
2. Pinschbeak: 93·6 Theile Kupfer, 6·4 Theile Zink.
3. Chrysochalk: 90·0 Theile Kupfer, 7·9 Theile Zink, 1·6 Theile Blei.

*) Siehe Hoyer, »Mechanische Technologie«, 2. Aufl., 1888, Bd. I, S. 29 u. 30, u. A.

4. Oreïde, auch Similor: 90·0 Theile Kupfer, 10·0 Theile Zink.
5. Gusstombak: 87·0 Theile Kupfer, 13·0 Theile Zink.
6. Tombak zur Vergoldung (Talmi): 86·0 Theile Kupfer, 14·0 Theile Zink.
7. Desgleichen: 82·3 Theile Kupfer, 17·7 Theile Zink.
8. Desgleichen: 78·0 Theile Kupfer, 18·0 Theile Zink, 2 Theile Zinn, 2 Theile Blei.
9. Walzmessing: 70·1 Theile Kupfer, 29·9 Theile Zink.
10. Chrysorin: 72·0 Theile Kupfer, 28·0 Theile Zink.
11. Messing zum Vergolden: 70·96 Theile Kupfer, 24·05 Theile Zink, 2 Theile Zinn, 3·05 Theile Blei.
12. Messing zum Schiffsbeschlag: 76·0 Theile Kupfer, 24·0 Theile Zink.
13. Messingblech: 68·1 Theile Kupfer, 31·9 Theile Zink.
14. Desgleichen: 63·6 Theile Kupfer, 33·02 Theile Zink, 2·52 Theile Blei.
15. Sterrometall, auch Gussmessing: 60·66 Theile Kupfer, 36·88 Theile Zink, 1·35 Theile Zinn. (Siehe auch unter *E*, 7.)
16. Schmiedbares Messing: 65·0 Theile Kupfer, 35·0 Theile Zink.
17. Bathmetall: 55·0 Theile Kupfer, 45·0 Theile Zink.
18. Weissmessing (Platina): 43·0 Theile Kupfer, 57·0 Theile Zink.
19. Maximummetall: 55·0 Theile Kupfer, 43·0 Theile Zink, 2 Theile Zinn.
20. Lüdenscheider Knopfmetall: 20·0 Theile Kupfer, 80·0 Theile Zink.
21. Deutsche Reichskupfermünzen: 95·0 Theile Kupfer, 1 Theil Zink, 4 Theile Zinn.

Mit wachsendem Zinkgehalt wird das Tombak und Messing im Allgemeinen heller (gelblich), härter, spröder und schmelzbarer, mit wachsendem Kupfergehalte dunkler (röthlichgelb), weicher, feinkörniger, dehnbarer. Die Farbe der Kupfer-Zink-Legierung ist schöner als die des reinen Kupfers. Messing oxydirt an der Luft schwerer als Kupfer, ist härter, lässt sich im kalten Zustande hämmern, strecken, walzen, zu Draht ausziehen und giessen. Es ist im geschmolzenen Zustande weit dünnflüssiger als Kupfer und wird beim Erstarren nicht wie dieses blasig und porös. Messing mit einem geringen Bleizusatze kann auch auf der Drehbank bearbeitet werden. Gegossenes Messing besitzt eine krystallinische Bruchfläche und ist daher sehr spröde; durch Glühen und Erkaltenlassen, sowie durch Bearbeitung unter Hämmern, Walzen u. s. w. lässt sich eine feinkörnige bis faserige Structur und damit eine grosse Geschmeidigkeit erzielen.

Kupfer-Zink-Legierungen mit hohem Kupfergehalte werden vorzugsweise zu Schmucksachen (z. B. Uhrketten, Brochen u. s. w.), mit mittlerem zu Blechwaren, mit geringem zu Gusswaren verwendet. Aus gegossenem Messing stellt man Thor- und Thürschilder her, ferner Drücker, Oliven, Rollen, Knöpfe, Gas- und Wasserleitungshähne, Ventile u. s. w., aus gewalztem, gehämmertem oder getriebenem Messing Aufsatz- und Gelenkbänder, Ofenthüren, Beschläge u. s. w.

Das Messingblech kommt als Rollmessingblech (Bugmessingblech) und als Tafelmessingblech in den Handel. Das Rollenmessing, das seiner Länge nach zusammengerollt wird, ist in Stärken von 0·12—0·4 *mm*, in Breiten von 0·46—0·12 *m* (die dünnsten Bleche haben die grösste Breite) und in einer durchschnittlichen Länge von 6·5 *m* erhältlich, das Bugmessing (je nach seiner Dicke verschieden oft in flache Tafeln zusammengebogen, und zwar die dünnsten Bleche am meisten) in Stärken von 0·3—2 *mm*, in

Breiten von 0·18—0·26 *m* und in Längen von 1—5·5 *m*, das Tafelmessing (nicht gerollt und nicht gebogen) in Stärken von 1—17 *mm*, in Breiten von 0·3—0·65 *m* und in verschiedenen Längen. Das dünnste Messingblech ist das geschlagene Messing (Rausch- oder unechtes Blattgold); dasselbe besitzt nur eine Stärke von $^1/_{90}$ *mm*. Messingdraht, geglüht und mit Schwefelsäure gereinigt lichtweich, ungeglüht lichthart genannt, ist in Stärken von 10·18—0·49 *mm* käuflich. Man theilt die Messingdrähte ein in Musterdrähte (bis etwa 1·5 *mm* Dicke und in 40—48 Nummern vorkommend) und Scheibendrähte (über 1·5 *mm* Dicke und in 18 Nummern vorkommend). Für Blitzableiter wird meistens ein 2 *mm* starker und siebenfach zusammengedrehter Messingdraht (Nr. 5) genommen.

Messingschrauben werden in Dicken von 3·5—8·5 *mm* hergestellt.

Schmelzpunkt etwa 920° *C.* Specifisches Gewicht (nach Karmarsch) für Messingblech 8·52—8·62, für Messingdraht 8·49—8·73, für Gussmessing über 8·7, für Tombakblech 8·788, für Gusstombak 8·606, für Tombakdraht 9·00.

Zugfestigkeit (nach Rankine) für Gussmessing 1270 *kg*, für Messingdraht 3450 *kg* für das Quadratcentimeter. — Druckfestigkeit: für Gussmessing 725 *kg* für das Quadratcentimeter. — Elasticitätsmodul: für Gussmessing 650000 *kg*, für Messingdraht 1000000 *kg* für Zug und Druck und 260000, beziehungsweise 394800 *kg* für Schub für das Quadratcentimeter. — Elasticitätsgrenze: für Gussmessing 480 *kg*, für Messingdraht 1300 *kg* für das Quadratcentimeter. — Zulässige Inanspruchnahme für das Quadratcentimeter: für Gussmessing 250 *kg*, für Messingdraht 700 *kg* bei Zug und 200, beziehungsweise 500 *kg* bei Schub. Maximummetall besitzt eine Zugfestigkeit von etwa 12000 *kg* für das Quadratcentimeter bei 47—51% Dehnung.

Zum Poliren des Messings benutzt man ein Gemenge von Kreide und Schwefel oder eine Mischung von Wasser und Ochsengalle oder Weinstein, zum Mattiren Alaun oder Weinstein in kochender Lösung oder Salmiakgeist, zur Erzeugung eines dunkelgrauen Tones eine Lösung von arseniger Säure in Salzsäure oder von Aetzsublimat und Essig, in welche man das Messing eintaucht, oder Graphit, mit dem man das Metall einreibt, zum Färben eine Lösung von Bleioxyd, Kali und rothem Blutlaugensalz; im kalten Zustande giebt diese Lösung dem eingetauchten Messing eine Goldfarbe, auf 40—50° *C.* erwärmt eine dunkelbraune Farbe. Intarsienähnliche Figuren werden auf Messingflächen erzeugt, wenn man die Zeichnungen mittelst irgend einer Fettfarbe aufträgt, dann mittelst einer entsprechenden Lösung auf dem freien Metalle eine Platin- oder Silberschicht herstellt, die Farbe entfernt, das Messing in ein Bad von Eisenchlorid oder Kupferchlorid bringt, nach Vollendung der Aetzung und Färbung das Messing dem Sonnenlichte aussetzt, um einen möglichst intensiv matten Farbenton zu erhalten, endlich die Platin- oder Silberschicht mittelst Schmirgel abreibt. Will man eine blanke Zeichnung auf dunklem Grunde erhalten, so wird das Aetzen gleich nach dem Auftragen der Farbe vorgenommen und nachher die Farbe entfernt. (Siehe Gottgetreu, »Baumaterialien«, 1881, Bd. II, S. 153 u. 154.)

Zum Schutze gegen Grünspan erhält das Gussmessing einen Anstrich mit Lack, Firniss oder Lasurfarbe, auch kann man dasselbe vergolden, versilbern, verzinnen oder vernickeln.

. Legierungen von Kupfer und Zinn, sowie von Kupfer, Zinn und Zink u. s. w.

1. Glockenbronze für Hausglocken: 70 Theile Kupfer 20 Theile Zinn.
2. Desgleichen für Thurmglocken: 78 Theile Kupfer, 22 Theile Zinn.
3. Desgleichen für Uhrglocken: 75 Theile Kupfer, 25 Theile Zinn.
4. Gong-Gong- (Tam-Tam-) Metall: 80 Theile Kupfer, 20 Theile Zinn.
5. Desgleichen: 78 Theile Kupfer, 22 Theile Zinn.
6. Kanonenmetall: 91 Theile Kupfer, 9 Theile Zinn.
7. Desgleichen: 90 Theile Kupfer, 10 Theile Zinn.
8. Statuenbronze: 93 Theile Kupfer, 4 Theile Zinn, 1 Theil Zink, Theile Blei.
9. Desgleichen: 86 Theile Kupfer, 4 Theile Zinn, 10 Theile Zink.
10. Desgleichen: 84 Theile Kupfer, 2 Theile Zinn, 11 Theile Zink, Theile Blei.
11. Desgleichen: 75 Theile Kupfer, 3 Theile Zinn, 20 Theile Zink, Theile Blei.
12. Desgleichen: 73 Theile Kupfer, 8·8 Theile Zinn, 18·2 Theile Zink.
13. Bronze zu Schiffsblech: 95·5 Theile Kupfer, 4·5 Theile Zinn.
14. Desgleichen: 94·5 Theile Kupfer, 5·5 Theile Zinn.
15. Spiegelmetall: 65·4 Theile Kupfer, 32·6 Theile Zinn, 2 Theile Nickel.
16. Desgleichen: 65·4 Theile Kupfer, 32·6 Theile Zinn, 2 Theile Arsen.
17. Medaillenbronze: 90 Theile Kupfer, 10 Theile Zinn.
18. Desgleichen: 98 Theile Kupfer, 2 Theile Zinn.
19. Desgleichen: 95 Theile Kupfer, 5 Theile Zinn.
20. Maschinenbronze: 85 Theile Kupfer, 13 Theile Zinn, 2 Theile Zink.
21. Desgleichen: 84 Theile Kupfer, 8 Theile Zinn, 4 Theile Zink, Theile Blei.
22. Desgleichen: 90 Theile Kupfer, 4 Theile Zinn, 6 Theile Zink.
23. Desgleichen: 88·5 Theile Kupfer, 2·5 Theile Zinn, 9 Theile Zink.
24. Normalmassstäbe: 82 Theile Kupfer, 13 Theile Zinn, 5 Theile Zink.
25. Phosphorbronze: 90·25 Theile Kupfer, 9 Theile Zinn, 0·75 Theile hosphor (im Mittel).
26. Antike Bronze: 18 Theile Kupfer, 12 Theile Zinn (auch 4 Theile upfer und 1 Theil Zinn).
27. Französische Fünf- und Zehn-Centimes-Stücke: 95 Theile Kupfer Theile Zinn, 1 Theil Zink.

Bronze ist härter als Kupfer, politurfähiger und leichter schmelzbar; sie esitzt eine ausgezeichnete Gussfähigkeit, grosse Dehnbarkeit und eine rothgelbe is weisse Farbe. Die Härte wächst mit zunehmender Zinnmenge, die Zähig-eit mit abnehmender Kupfermenge. Die Härte wird bei einem Zinngehalte on 28% so bedeutend, dass das Metall von einer Feile nicht mehr an-egriffen wird. Die Dehnbarkeit ist bei einem Zinngehalte von weniger als % noch sehr hoch, nimmt mit wachsendem Zinngehalt allmälig ab, erreicht ei 50% Zinn ihren geringsten Werth und steigt von da ab wieder. Wird ühende Bronze in kaltes Wasser getaucht, so wird sie geschmeidiger und ämmerbar. Bei langsamer Abkühlung findet (wie oben bemerkt) eine Ent-ischung statt, indem sich eine zinnärmere und schwer schmelzbare Masse on einer zinnreicheren absondert. Gute Bronze hat einen reinen Klang,

einen feinkörnigen Bruch, ist dünnflüssig und dringt in die feinsten Vertiefungen der Form ein; sie besitzt eine grosse Festigkeit und nimmt, der Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt, allmälig eine schön grünfarbige Kruste (Patina) an, welche das Metall gegen weitere Oxydation schützt. Eine künstliche Patina kann man auf Bronze dadurch erzeugen, dass man das Metall mit Ammoniakwasser wäscht, trocknet, mit Dampf erwärmt und mit Fett überzieht. Den durch Rauch von Kohlenfeuerungen hervorgerufenen schwarzen Ueberzug der Bronzedenkmäler (namentlich in Fabrikstädten) beseitigt man durch sorgfältige Behandlung der Bronze mit Kalilauge. Dieses Verfahren ist alle zwei bis fünf Jahre zu wiederholen, doch wird hierdurch das Metall mit der Zeit angegriffen.

Zum Putzen der Bronze braucht man Seifensiederlauge; nach dem Abwaschen wird dann die Bronze mit Kleie oder Sägespänen trocken gerieben.

Man verwendet die Bronze, wie aus obenstehender Tabelle ersichtlich ist, zur Herstellung von Glocken, Kanonen, Statuen, Medaillen, Maschinentheilen u. s. w., ferner zu Treppengeländern, freitragenden Treppenstufen, Säulen und Kandelabern, Brunnen und Denkmälern, Bolzen und Ankern, Telephon- und Telegraphenleitungen (Drähte von 0·9—4·5 *mm* Stärke) u. s. w.

Schmelzpunkt: 1200—1300° *C.* — Specifisches Gewicht: Glockenmetall 8·7—9·1, Kanonenmetall 8·8, Medaillenbronze 8·78, Spiegelmetall 8·6. — Zugfestigkeit: 2250—3785 *kg*, bei alter Bronze (aus 4 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn) 3340 *kg* für das Quadratcentimeter. — Elasticitätsmodul: beim Glockenmetall 320000 *kg*, beim Kanonenmetall 696000 *kg* für das Quadratcentimeter für Zug und Druck. — Zulässige Inanspruchnahme für das Quadratcentimeter: etwa 300 *kg* auf Zug.

Die durch grosse Härte, Festigkeit, Elasticität, Giessbarkeit u. s. w. sich auszeichnende Phosphorbronze hat einen stahlartigen Bruch, schmilzt bei 800—1300° *C.* und besitzt eine Zugfestigkeit von 3300—5600 *kg* im gegossenen Zustande und als ungeglühter Draht eine solche von 5000—8000 (nach Kirkaldy bis 11200) *kg* für das Quadratcentimeter. Der Elasticitätsmodul beträgt für Zug und Druck 950000 *kg* und für Schub 380000 *kg* für das Quadratcentimeter; die Elasticitätsgrenze 1300 *kg* für das Quadratcentimeter für Zug; die zulässige Inanspruchnahme für Zug bei der gegossenen Bronze 750 *kg*, beim geglühten Draht 1800 *kg* für das Quadratcentimeter. Durch Höherlegen der Elasticitätsgrenze durch mechanische Mittel lässt sich die zulässige Inanspruchnahme auf das Doppelte bringen.

Die von Uchatius erfundene und hauptsächlich zu Geschützen in Oesterreich-Ungarn benutzte Stahlbronze besteht aus Kanonenmetall, das in eine dickwandige, gusseiserne Coquille gegossen, dadurch schnell abgekühlt und dann kalt durch Walzen gestreckt wird, wodurch es dieselben vorzüglichen Eigenschaften wie Phosphorbronze, d. h. eine dem Stahl ähnliche Festigkeit, Elasticität und Härte erlangt.

Zu Telephon- und Telegraphenleitungen dient für grosse Entfernungen Bronzedraht (mit 60—98% der Leitungsfähigkeit des Kupfers und je nach der Stärke mit einer Zugfestigkeit von 4600—7100 *kg* für das Quadratcentimeter), für Stadtleitungen und auch als Seele für Tiefseekabel, Siliciumbronzedraht (mit 30—40% der Leitungsfähigkeit des Kupfers und einer Zugfestigkeit von 6500—8500 *kg* für das Quadratcentimeter), Doppelbronze-

draht aus einer Aluminiumbronzeseele mit Kupferumhüllung (mit 69% der Leitungsfähigkeit des Kupfers und 7000 *kg* Zugfestigkeit für das Quadratcentimeter) und Compounddraht aus einer Stahlseele mit Bronzeumhüllung. Bei der Herstellung der Bronze wird zuerst das Kupfer geschmolzen, dann das Zinn und von letzterem dem Kupfer etwas mehr zugesetzt, als in der fertigen Legierung enthalten sein soll.

Bronzefarben siehe § 265.

C. Legierungen von Kupfer, Zink und Nickel.

1. Gewöhnliches Neusilber: 55 Theile Kupfer, 25 Theile Zink, 20 Theile Nickel.
2. Chinesisches Neusilber: 26·4 Theile Kupfer, 36·8 Theile Zink, 36·8 Theile Nickel.
3. Chinesisches Gussneusilber: 45·7 Theile Kupfer, 36·9 Theile Zink, 17·4 Theile Nickel.
4. Berliner Neusilber, beste Sorte: 52 Theile Kupfer, 26 Theile Zink, 22 Theile Nickel.
5. Berliner Neusilber, mittlere Sorte: 59 Theile Kupfer, 30 Theile Zink, 11 Theile Nickel.
6. Berliner Neusilber, dritte Sorte: 63 Theile Kupfer, 31 Theile Zink, 6 Theile Nickel.
7. Wiener Alfenide: 50 Theile Kupfer, 25 Theile Zink, 25 Theile Nickel.
8. Wiener Alpaka: 60 Theile Kupfer, 20 Theile Zink, 20 Theile Nickel.
9. Alfenide: 50 Theile Kupfer, 25 Theile Zink, 25 Theile Nickel, 1 Theil Eisen.
10. Alfenide: 60 Theile Kupfer, 30 Theile Zink, 9·5 Theile Nickel.

Diese Legierungen sind gegen die Einwirkungen von Luft und Wasser, sowie von Säuren widerstandsfähiger als Messing und Tombak und bleiben daher längere Zeit als diese glänzend, auch ist ihre Härte etwas grösser. Sie sind dehnbar, ausgezeichnet politurfähig und bei einem Nickelgehalt von etwa 25% silberweiss. Galvanisch versilbert oder mit Silber plattirt, kann man sie von echtem Silber kaum unterscheiden. Man stellt aus ihnen ausser Löffeln, Messern und Gabeln auch Gusswaren mannigfacher Art, getriebene Arbeiten, Bleche u. s. w. her. Beim Zusammenschmelzen der Metalle wird oben und unten etwas Kupfer ausgebreitet, auf das Metallbad Kohlenpulver gestreut, die Masse der Weissglühhitze ausgesetzt, während des Schmelzens tüchtig umgerührt und schliesslich zwischen erwärmte Eisenplatten gegossen.

Specifisches Gewicht: 8·4—8·7. Zugfestigkeit: für das gegossene Metall 5150 *kg*, für hart gezogenen Draht 7200—8000 *kg*, für ausgeglühten Draht 5200 *kg* für das Quadratcentimeter.

D. Legierungen von Zinn mit Blei, Antimon und dergleichen.

1. Vierstempelig: 32 Theile Zinn, 1 Theil Blei.
2. Dreistempelig: 5 Theile Zinn, 1 Theil Blei.
3. Fünfpfündig: 4 Theile Zinn, 1 Theil Blei.
4. Vierpfündig: 3 Theile Zinn, 1 Theil Blei.
5. Zweistempelig: 2 Theile Zinn, 1 Theil Blei.

6. Zweipfündig: 1 Theil Zinn, 1 Theil Blei.
7. Zinnbrillanten (Fahluner Diamanten): 60 Theile Zinn, 40 Theile Blei.
8. Britanniametall: 85·6 Theile Zinn, 10·4 Theile Antimon, 1 Theil Kupfer, 3 Theile Zink.
9. Britanniametall: 91 Theile Zinn, 7 Theile Antimon, 1·5 Theile Kupfer, 0·5 Theile Nickel.
10. Britanniametall: 85·5 Theile Zinn, 14·5 Theile Antimon.
11. Britanniametall zu Theekannen, Löffeln u. s. w.: 67·53 Theile Zinn, 17 Theile Antimon, 3·26 Theile Kupfer, 8·94 Theile Zink.
12. Weissguss für Zapfenlager: 83·5 Theile Zinn, 16·5 Antimon.
13. Weissguss für Zapfenlager: 42 Theile Zinn, 42 Theile Blei, 16 Theile Antimon.
14. Weissguss für Locomotivachsenlager: 83 Theile Zinn, 11 Theile Antimon, 6 Theile Kupfer.
15. Weissguss für Kolbenringe: 78 Theile Zinn, 16 Theile Antimon, 6 Theile Kupfer.
16. Weissguss für Percussionszündröhren: 52 Theile Zinn, 38 Theile Blei, 10 Theile Antimon.
17. Pewter: 50 Theile Zinn, 4 Theile Antimon, 1 Theil Kupfer, 1 Theil Wismuth.
18. Kattundruckformen: 33·3 Theile Zinn, 15·98 Theile Blei, 33·3 Theile Wismuth.

Das Britanniametall besitzt eine grössere Härte wie Zinn, eine sehr hohe Politurfähigkeit, eine bläulich-weisse Farbe, liefert sehr scharfe Abgüsse und wird zu Gusswaren (z. B. Tischglocken) und zu Blechen (Platten) verarbeitet, sowie oftmals galvanisch versilbert. Sein specifisches Gewicht ist 7·32—7·36.

Um Zinn geschmeidiger, giessfähiger und billiger zu machen, wird es stets mit Blei legiert. Für Teller und Speiseschüsseln darf der Bleizusatz nicht zu gross gewählt werden (unter 30%), weil sonst Bleivergiftungen hervorgerufen werden können.

Farbe, eine Zugfestigkeit von 5130 *kg* (nach Anderson), eine Druckfestigkeit von 9280 *kg* für das Quadratcentimeter, die grösste Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation von allen Legierungen, ist ein schlechter Leiter der Elektricität, lässt sich leicht walzen, ziehen und im kalten Zustande schmieden und wird zur Herstellung von Kanonen, Panzerplatten, Kesselblech, Lagern u. s. w., sowie in Cellulose- und Papierfabriken zu allen Theilen der Sulfitkesseln, zum Holländer u. s. w. verwendet. Es besitzt im Allgemeinen die Arbeits eigenschaften des Messings und liefert von allen Legierungen die besten Güsse.

5. Deltametall aus Kupfer, Zink und wenig (etwa $1^1/_2\,\%$) in glühendem Zink aufgelöstem Eisen. Deltametall besitzt die Zähigkeit des Schmiedeeisens, die Festigkeit des Stahles und eine dem Gold ähnliche Farbe. Es liefert vorzügliche Güsse, widersteht sehr kräftig den Angriffen der Säuren und überzieht sich weder mit Rost, noch mit Grünspan. Es dient zur Herstellung von Schiffsbeschlägen, Schiffsschrauben, Maschinentheilen, Drähten, auch zu Hausgeräthen und Werkzeugen, zu Wassermessern u. s. w. und ist in allen denjenigen Fällen mit Vortheil zu verwenden, wo Eisen und Stahl wegen magnetischer Einwirkungen nicht benutzt werden können. Man kann es heiss und kalt walzen, zu Draht ausziehen, in der Dunkelrothglühhitze leicht schmieden, ausstanzen und pressen.

Schmelzpunkt: 950° *C.* — Specifisches Gewicht: 8·6. — Zugfestigkeit: beim gegossenen Deltametall 3400—3600 *kg*, beim gewalzten 5600—6500 *kg*, beim Draht 9800 *kg* für das Quadratcentimeter; Druckfestigkeit: 9540 *kg* für das Quadratcentimeter; Dehnung: 12·5 %; Querschnittsverminderung beim Zerreissen: 17·4 %; Elasticitätsgrenze: bis 2220 *kg* für das Quadratcentimeter.

6. Doppelmetall (Bimetall), eine Legierung von Kupfer und Stahl, welche $1^1/_2$mal grössere Festigkeit als Kupferblech besitzt, sich treiben, stanzen, punzen, drehen, hobeln, feilen und bis zur Papierdünne auswalzen lässt.

7. Sterrometall aus 54 Theilen Kupfer, 40 Theilen Zink und 6 Theilen Ferromangan. (Siehe auch unter *A*, 15.)

8. Cupromangan (von L. Biermann in Hannover) aus 74·5 Theilen Kupfer, 25 Theilen Mangan und 0·5 Theilen Zinn. Wenn man von dieser Legierung $2^2/_3\,\%$ einer gewöhnlichen Bronze hinzumischt, so erhält man eine sehr feste, zähe und harte, in Rothglühhitze schmiedbare, zu Stäben und Blechen auswalzbare, zur Herstellung von Röhren und Draht gut geeignete Manganbronze von sehr feinkörniger und sehr gleichmässiger Beschaffenheit.

9. Kupferamalgam (Metallkitt) aus 30 Theilen Kupfer und 70 Theilen Quecksilber; eine weiche, nach einigen Stunden erhärtende, zum Kitten von Metallen und Zähnen verwendete Masse.

10. Sickerloth aus 63 Theilen Zinn und 37 Theilen Blei.

11. Weichloth (Schnelloth) für leicht schmelzbares, bleihaltiges Zinn, aus 1—4 Theilen Zinn, 1—4 Theilen Blei und 1—2 (auch 8) Theilen Wismuth (Wismuthloth).

12. Weichloth für verzinntes Eisenblech, Kupfer, Messing, Zinn, Zink, Blei u. s. w., aus 1—3 Theilen Zinn und 1—3 Theilen Blei.

13. Hartloth (Strengloth, Schlagloth) für Messing, Kupfer, Eisen und Stahl aus Zinn, Zink, Messing und auch Kupfer in verschiedenen Mischungen, z. B. aus 1 Theil Zinn, 4—7 Theilen Zink und 12 Theilen Messing, oder aus 10 Theilen Zinn, 4 Theilen Messing und 6 Theilen Kupfer u. s. w.

14. Nickelmünzen aus 75 Theilen Kupfer und 25 Theilen Nickel.

15. Silbermünzen aus 90 Theilen Silber und 10 Theilen Kupfer.

16. Goldmünzen aus 90 Theilen Gold und 10 Theilen Kupfer.

(Bemerkung: In den vorstehenden Aufzählungen der verschiedenen Legierungen bedeuten die Theile stets Gewichtstheile.)

Nachtrag zu § 100.

Nach vollendetem Druck dieses Bandes gingen dem Verfasser noch mehrere Beschreibungen und Gutachten über neue, erst kürzlich durch Patente geschützte Verfahren zur Herstellung künstlicher Bausteine zu. Es würde zu weit führen, alle diese Verfahren hier zu beschreiben; der Verfasser begnügt sich daher mit dem Referate über drei Baustoffe, welche das Interesse der Fachleute sicherlich erwecken werden.

11. Papyrolith von Paul Becker in Löbtau-Dresden und C. und E. Mahla in Nürnberg.

Dieser Stoff besteht aus einer chemischen Zusammensetzung von Mineralien (Magnesiacement) und Sägemehl. Er kommt in pulverförmigem Zustande in den Handel oder in Form von naturfarbenen oder parkettartig gemusterten oder bunten Platten, die aus der Mischung unter einem sehr hohen Druck mittelst hydraulischer Presse und in Grössen bis zu einem Quadratmeter hergestellt werden.

Die Papyrolithmasse erhärtet durch natürliche Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft. Sie soll widerstandsfähig gegen die Einwirkung von Nässe, feuerbeständig, schalldämpfend, zähe und elastisch sein und — nach der Versicherung der Fabrikanten — binnen 4—5 Tagen ohne künstliches Trocknen eine so grosse Festigkeit und Widerstandsfähigkeit erlangen, dass sie sogar befahren werden kann.

Papyrolith wird zum Belegen von Fussböden empfohlen, die stark begangen werden oder dem Einflusse der Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Bei der Herstellung des Fussbodenbelages wird die in verschiedenen Farbentönen erhältliche pulverförmige Masse an Ort und Stelle für den Gebrauch fertiggestellt und etwa 15—20 *mm* hoch auf die Holzunterlage (beziehungsweise auf das Ziegelpflaster oder auf die Betondecke u. s. w.) aufgetragen und wie Gips- oder Cementestrich weiter verarbeitet. Man soll dann einen fusswarmen, staubfreien, schwammsicheren, wasserundurchlässigen und elastischen Fussboden erhalten, in welchem sich weder Ungeziefer, noch Bakterien festsetzen können. Wegen dieser guten Eigenschaften und wegen seiner Fugenlosigkeit kann der Papyrolithbelag etwa mit dem Linoleumbelag auf eine gleiche Stufe gestellt werden. Vor dem Austrocknen, beziehungsweise vor der Erhärtung muss die frisch aufgetragene Masse vor Regen und Schnee geschützt werden. Da Papyrolith mit dem seitlichen Mauerwerk

einen vollständig dichten Abschluss bilden soll, so lässt sich diese Masse auch zur Herstellung von Wandbekleidungen verwenden.

Sowohl für Fussböden als auch zum Belegen von Treppenstufen und Wänden u. s. w. werden auch die Papyrolith-Platten empfohlen, welche dieselben Eigenschaften wie die pulverförmige Masse besitzen, vor dieser aber den Vorzug haben, dass man die aus ihnen hergestellten Beläge sofort nach ihrer Fertigstellung in Benutzung nehmen kann; freilich liefern sie keinen fugenlosen Belag.

12. Kunststeinmasse Papyristit (Papierstein) von Fritz Gehre in Zürich II, Lavaterstrasse 6.

Eine ähnliche Masse wie Papyrolith stellt der aus vegetabilisch-mineralischen Stoffen bereitete Papierstein dar, welcher in Pulverform oder als Flüssigkeit zum Versandt kommt und ebenfalls zu fugenlosen Fussböden, Wänden und Dächern (unter Benutzung von Eisenconstructionen oder Cementdielen) empfohlen wird. Papyristit besitzt dieselben Eigenschaften wie Papyrolith. Die Papiersteinmasse ist sehr leicht, da sie nur 18—25 *kg* für das Quadratmeter wiegt, und soll volumenbeständig sein. Bestätigt sich dies, so würde Papyristit einen verbesserten Magnesiacement darstellen. Dieser Stoff soll weder durch grosse Hitze (z. B. bei Verwendung in den Tropen), noch durch starken Frost angegriffen werden; kurz vor Eintritt des Frostwetters nass gewordene Papyristit-Dächer sollen keine Risse erhalten haben.

Die Masse wird wie Cement aufgetragen und nach ihrer Erhärtung abgeschliffen (wie Terrazzoboden) und durch Oelen oder Bohnen (wie Parkettfussboden) in Stand gehalten. Zur Reinhaltung des Belages genügt ein Abwaschen desselben mit feuchten Lappen.

Papyristit soll allen basischen Säuren widerstehen und von mineralischen Säuren concentrirter Form nur langsam stark angegriffen werden. Petroleum und Oel sollen den Belag nach beendetem Schleifen nicht mehr ungünstig beeinflussen.

Für 10—12 Quadratmeter Boden-, Wand- oder Dachfläche sind etwa 100 *kg* Masse erforderlich, wenn dieselbe etwa 10 *mm* dick aufgetragen wird. Das Verlegen des Papyristit geschieht sehr schnell, da ein geschickter Arbeiter täglich 10—15 Quadratmeter Belag fertigzustellen vermag.

13. Kunststein und künstlicher Marmor von L. A. Garchey in Demi-Lune bei Lyon.

Glas, welches möglichst viel Soda und Kalk enthält, wird pulverisirt und mit (vom Erfinder verheimlichten) Stoffen innig gemischt, die in beliebiger Weise gefärbt werden können. Dieses Gemenge wird in einer mit Sand, Kalk u. s. w. ausgekleideten, dem gewünschten Steinformat entsprechend gestalteten, eisernen Form, deren beweglicher Boden einem starken Druck zu widerstehen vermag, zunächst langsam erhitzt, bis fast der Schmelzpunkt des Glases erreicht und letzteres entglast ist. Dann wird die Erhitzung bis zum Flüssigwerden der Glasmasse fortgesetzt und hierauf die dickflüssige Masse mittelst einer hydraulischen Presse zu einer festen Masse umgewandelt. Der Stein wird nun aus der Form herausgenommen und endlich zum zweiten Male geglüht. Er soll dann eine grosse Festigkeit und Widerstandsfähigkeit besitzen.

Soll künstlicher Marmor hergestellt werden, so streut man auf die Masse, nachdem sie durch langsame Erhitzung entglast worden ist, Glasstücke, welche der gewünschten Marmorirung entsprechend gefärbt sind. Bei der

weiteren Erhitzung der Steinmasse kommen diese Glasstücke zum Schmelzen und fliessen dann auf der Oberfläche des Steines hin und her, hierbei die Adern, Streifen und Wolken des Marmors erzeugend.

Nachtrag zu § 142.

Seitens des geschäftsführenden Ausschusses des Innungsverbandes Deutscher Baugewerksmeister ist am 30. April 1898 an die Holzindustriellen Deutschlands ein Schreiben versandt worden, in welchem auf die von den Behörden der meisten Bundesstaaten kürzlich genehmigte Einführung der Normalprofile für Bauhölzer hingewiesen wird. Für letztere sind die nachfolgenden Tabellen massgebend.

Tabelle für Normalprofile in Centimetern.

8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
8/8	8/10	10/12	10/14	12/16	14/18	14/20	16/22	18/24	20/26	22/28	24/30
—	10/10	12/12	12/14	14/16	16/18	16/20	18/22	20/24	24/26	26/28	28/30
—	—	—	14/14	16/16	18/18	18/20	20/22	24/24	26/26	28/28	—
—	—	—	—	—	—	20/20	—	—	—	—	—

Tabelle für Schnitthölzer.

(Bretter, Bohlen, Pfosten, Latten.)

In Längen von: 3·50, 4·00, 4·50, 5·00, 5·50, 6·00, 7·00 und 8·00 Metern.
In Stärken von: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 und 150 Millimetern.

Besäumte Bretter in Breiten von Centimeter zu Centimeter steigend.

ig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

A B D C

Fig. 6.

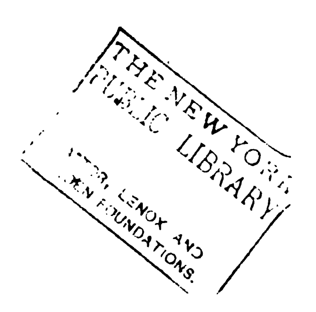
Fig. 10.

Fig. 5.

Fig. 9.

Fig. 7.

Fig. 8.



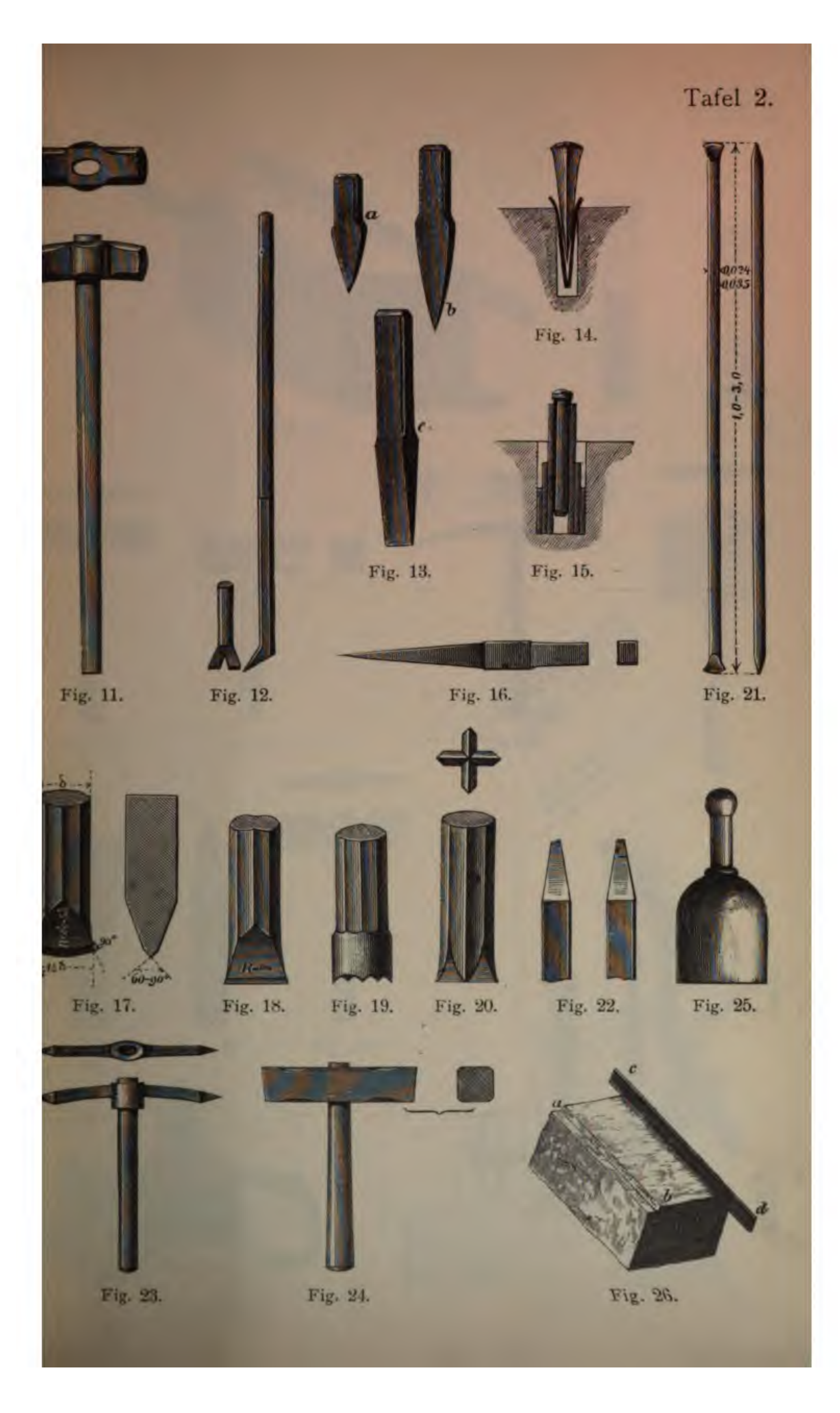
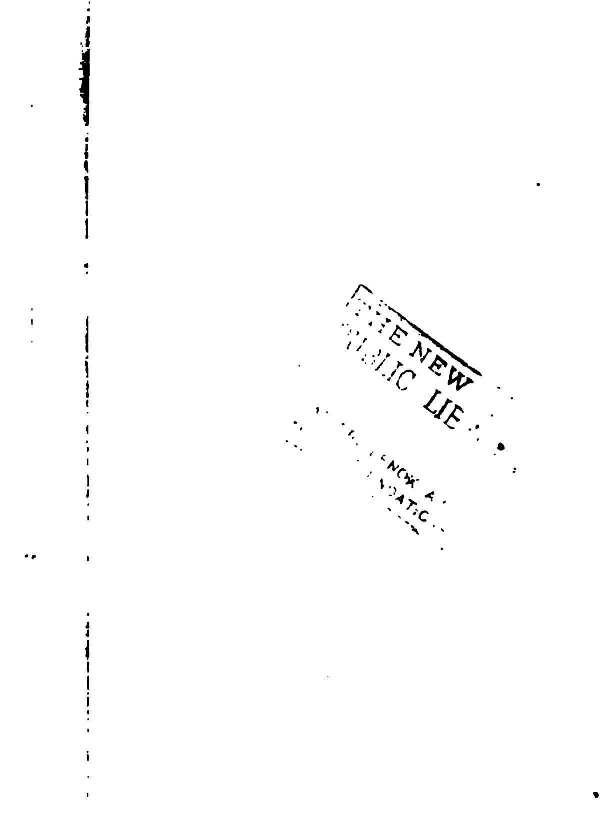


Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21. Fig. 22. Fig. 23. Fig. 24. Fig. 25. Fig. 26.



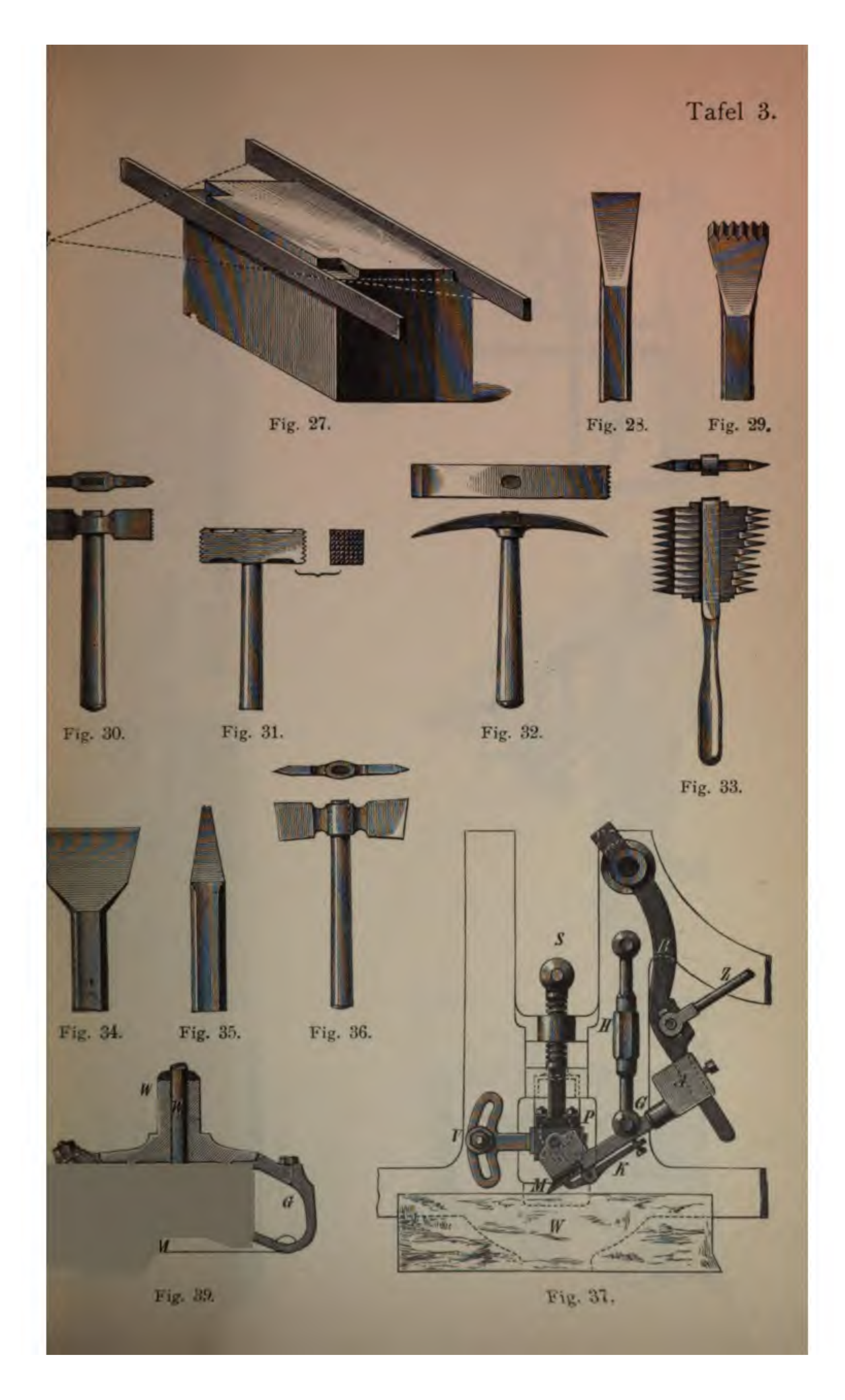
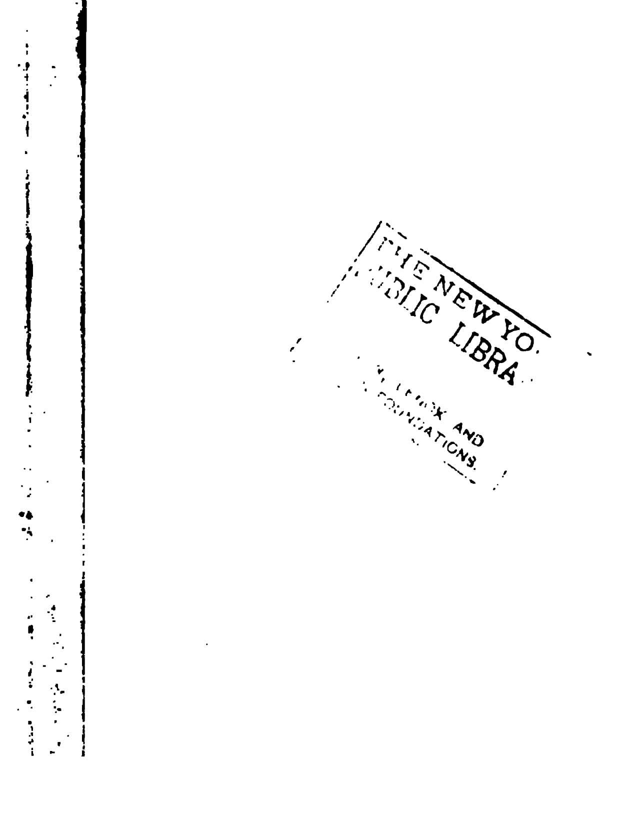


Fig. 27. Fig. 28. Fig. 29.

Fig. 30. Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33.

Fig. 34. Fig. 35. Fig. 36.

Fig. 39. Fig. 37.



Tafel 4.

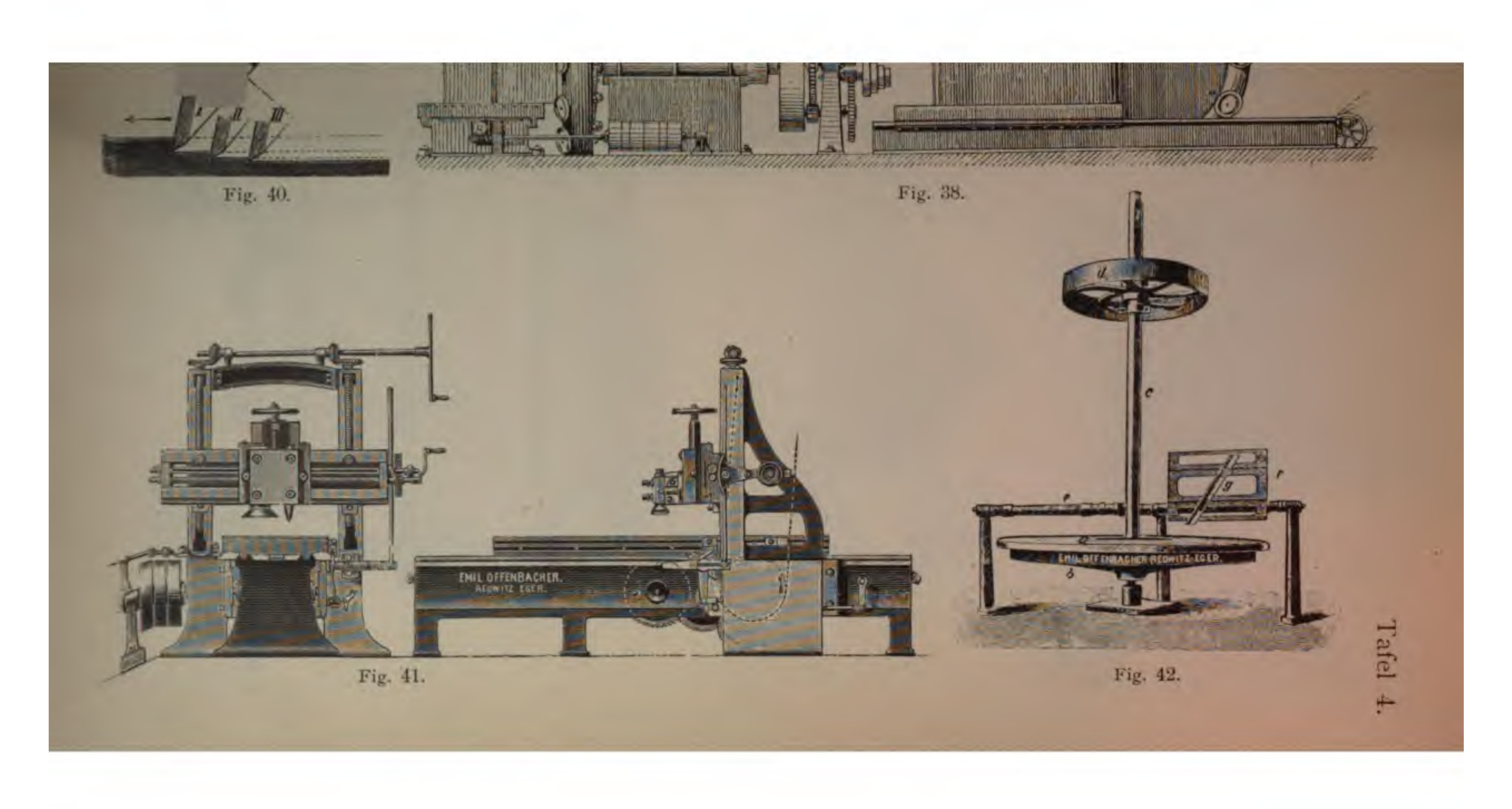
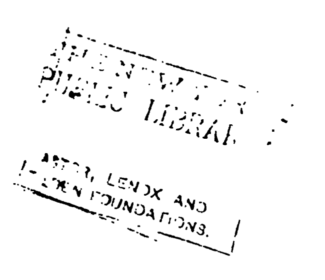


Fig. 40.

Fig. 38.

Fig. 41.

Fig. 42.



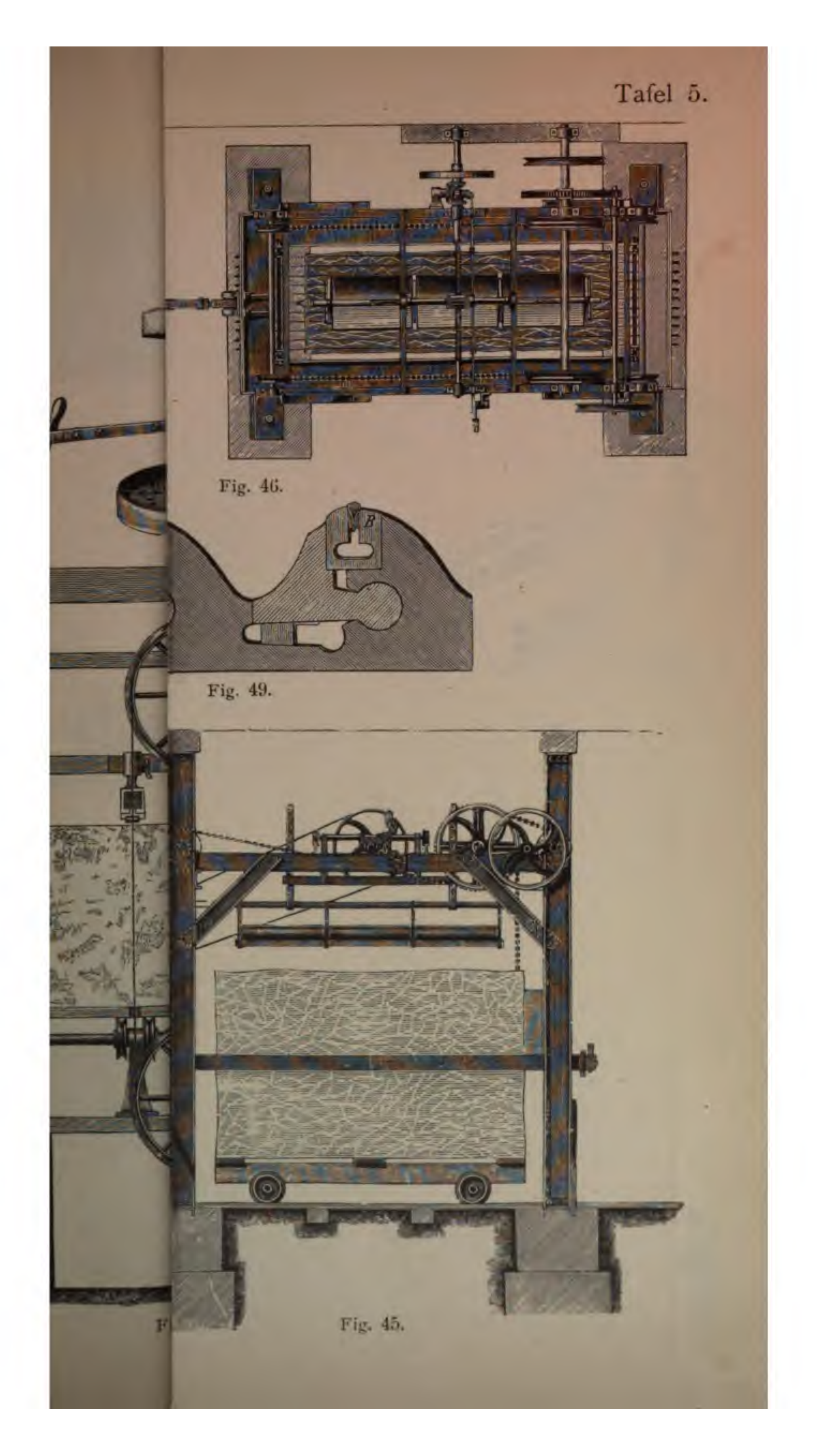


Fig. 46.

Fig. 49.

Fig. 45.

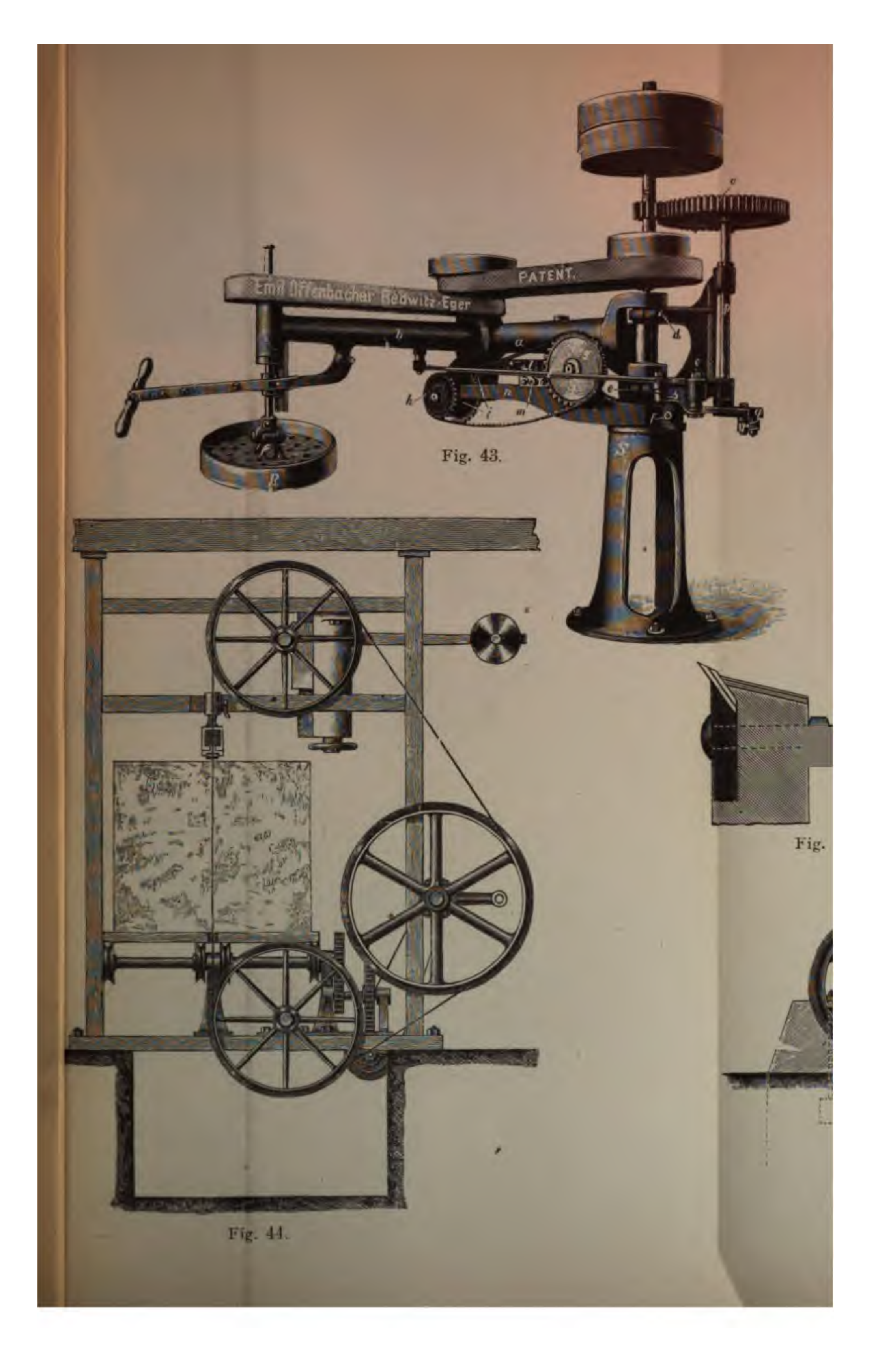
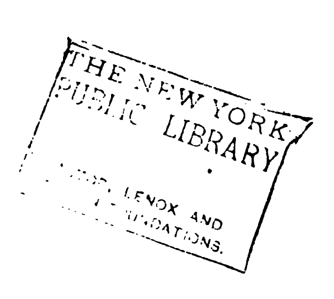


Fig. 43.

Fig. 44.

Fig.



Tafel 6.

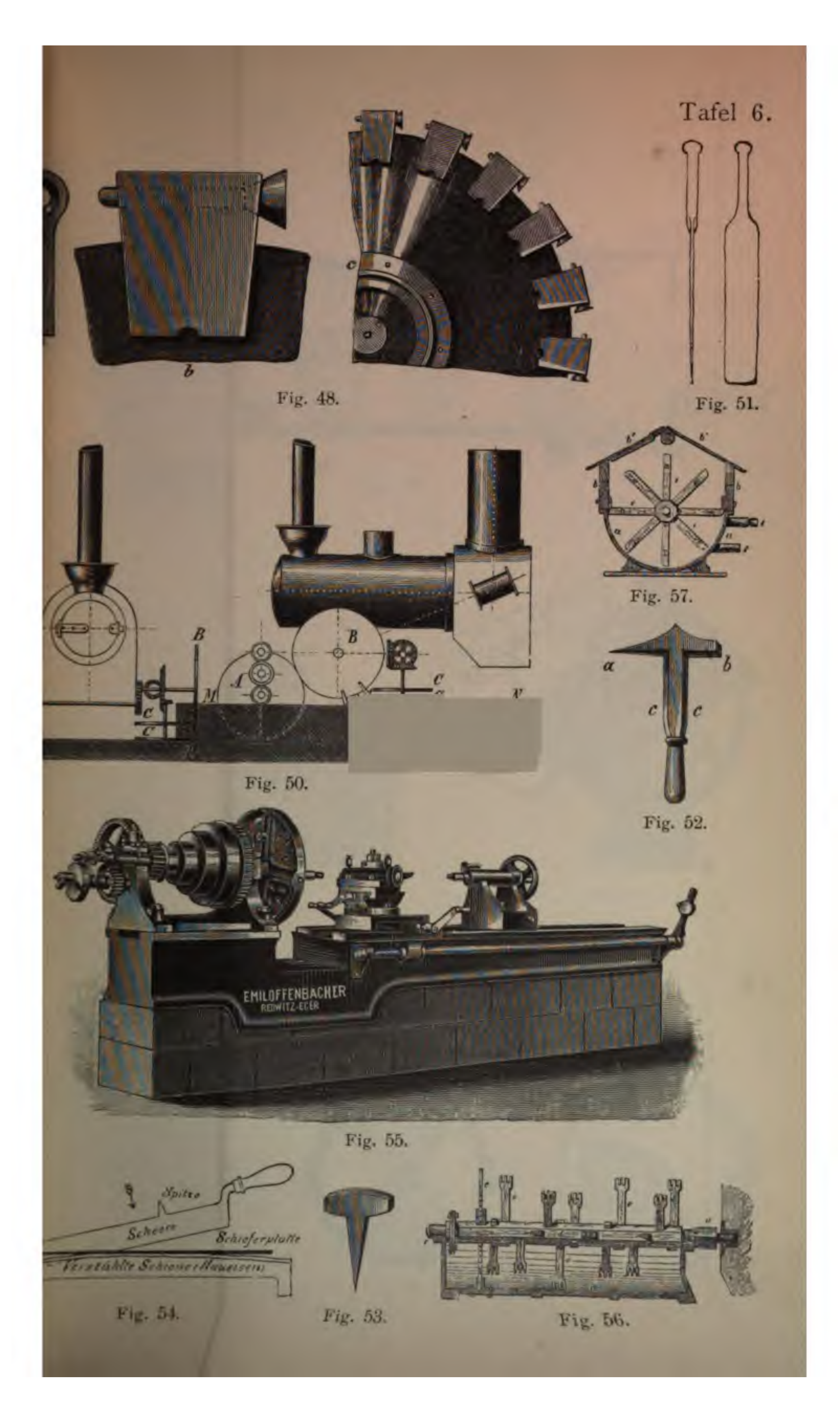


Fig. 48.

Fig. 51.

Fig. 57.

Fig. 50.

Fig. 52.

Fig. 55.

Fig. 54.

Fig. 53.

Fig. 56.



Tafel 7.

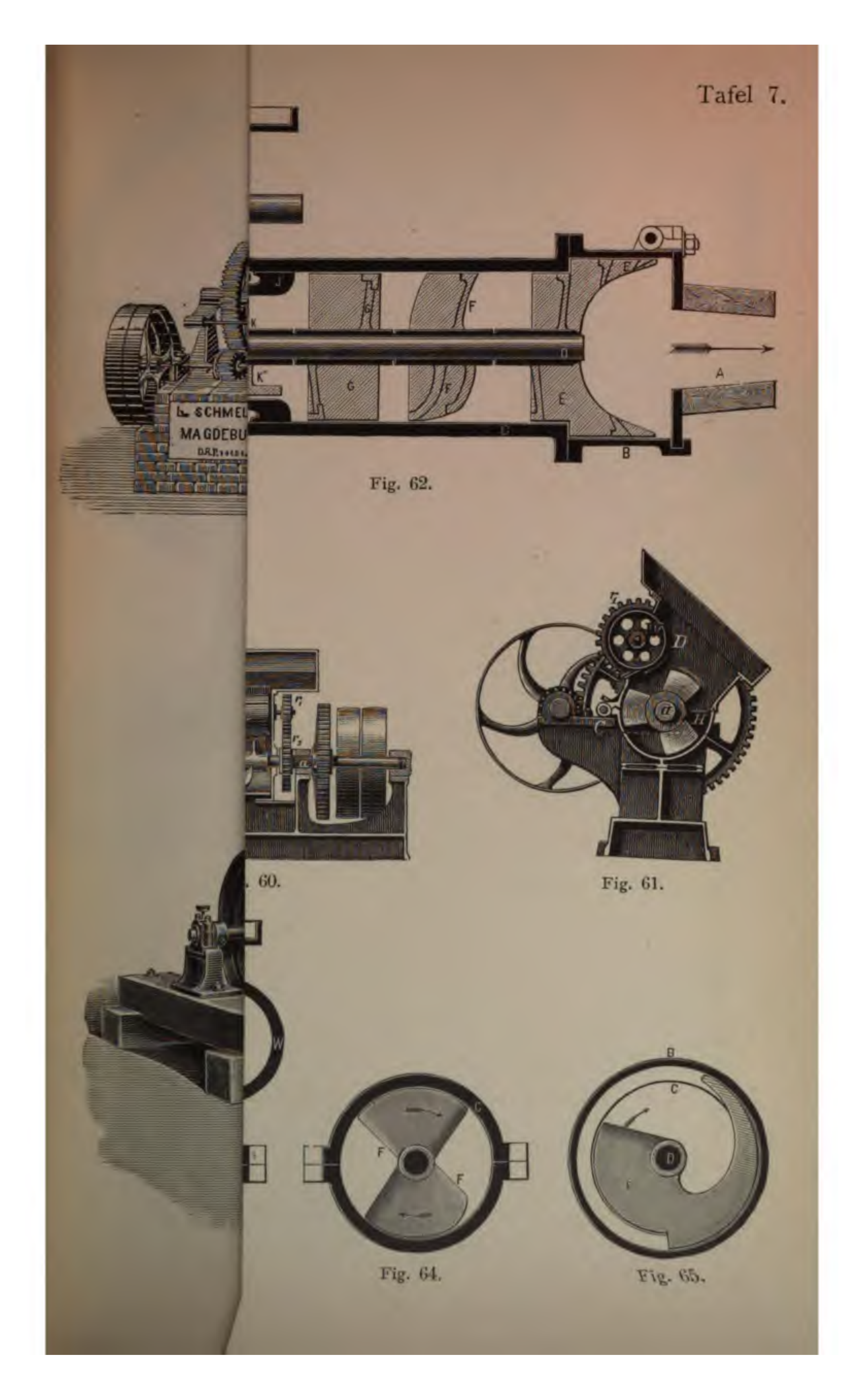


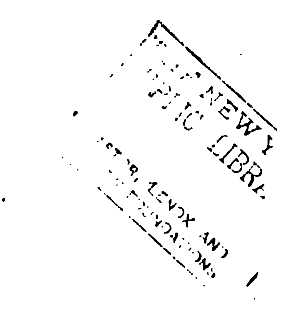
Fig. 62.

. 60.

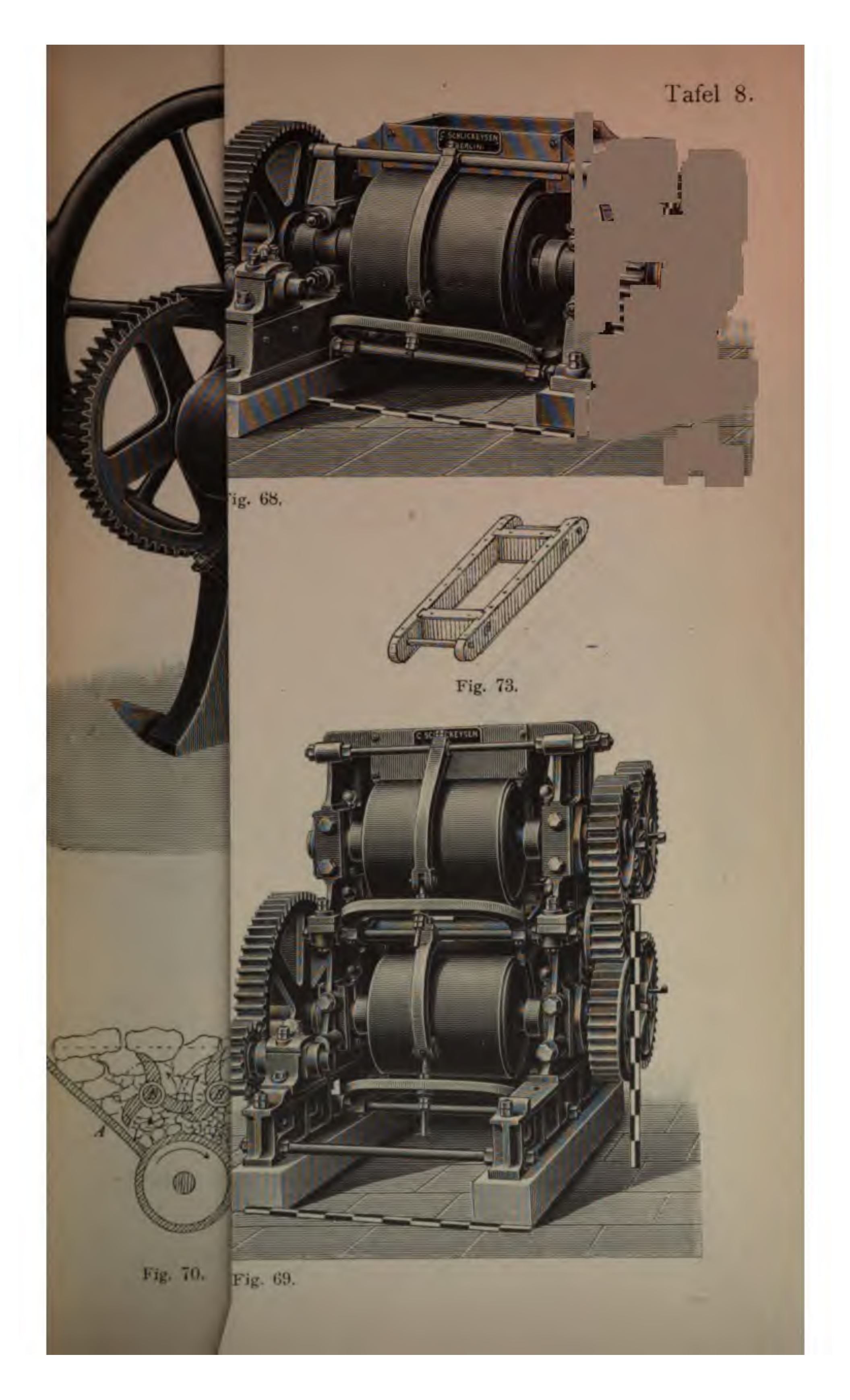
Fig. 61.

Fig. 64.

Fig. 65.



Tafel 8.

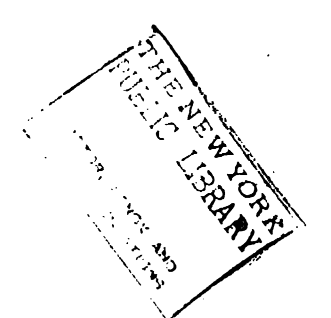


ig. 68.

Fig. 73.

Fig. 70.

Fig. 69.



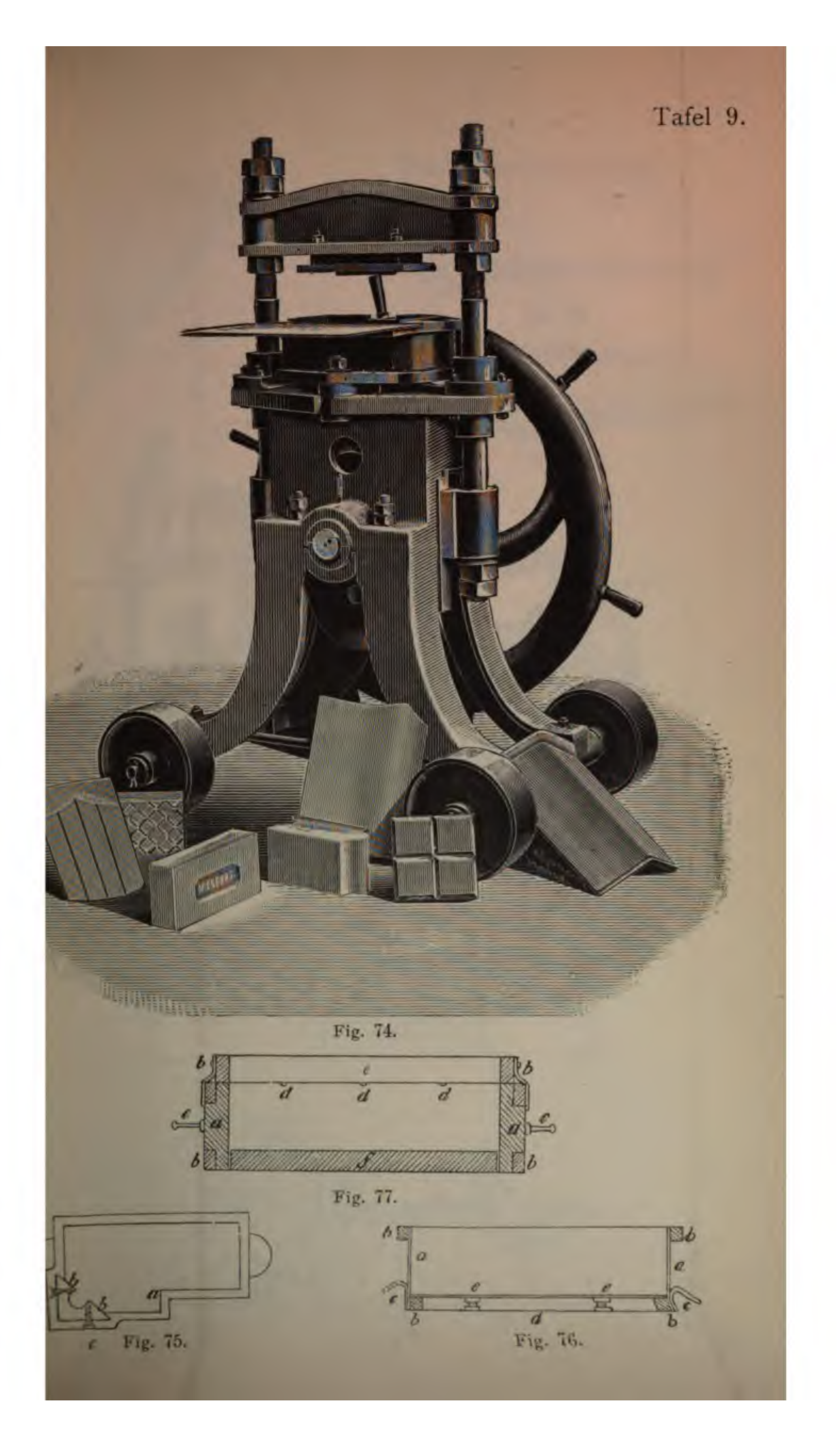


Fig. 74.

Fig. 77.

Fig. 75.

Fig. 76.

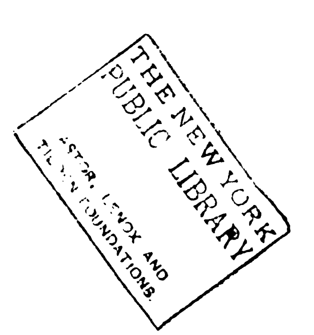


Fig. 78.

Fig. 79.

Fig. 80.

Fig. 81.

Fig. 82.

Fig. 83.



Tafel 11.

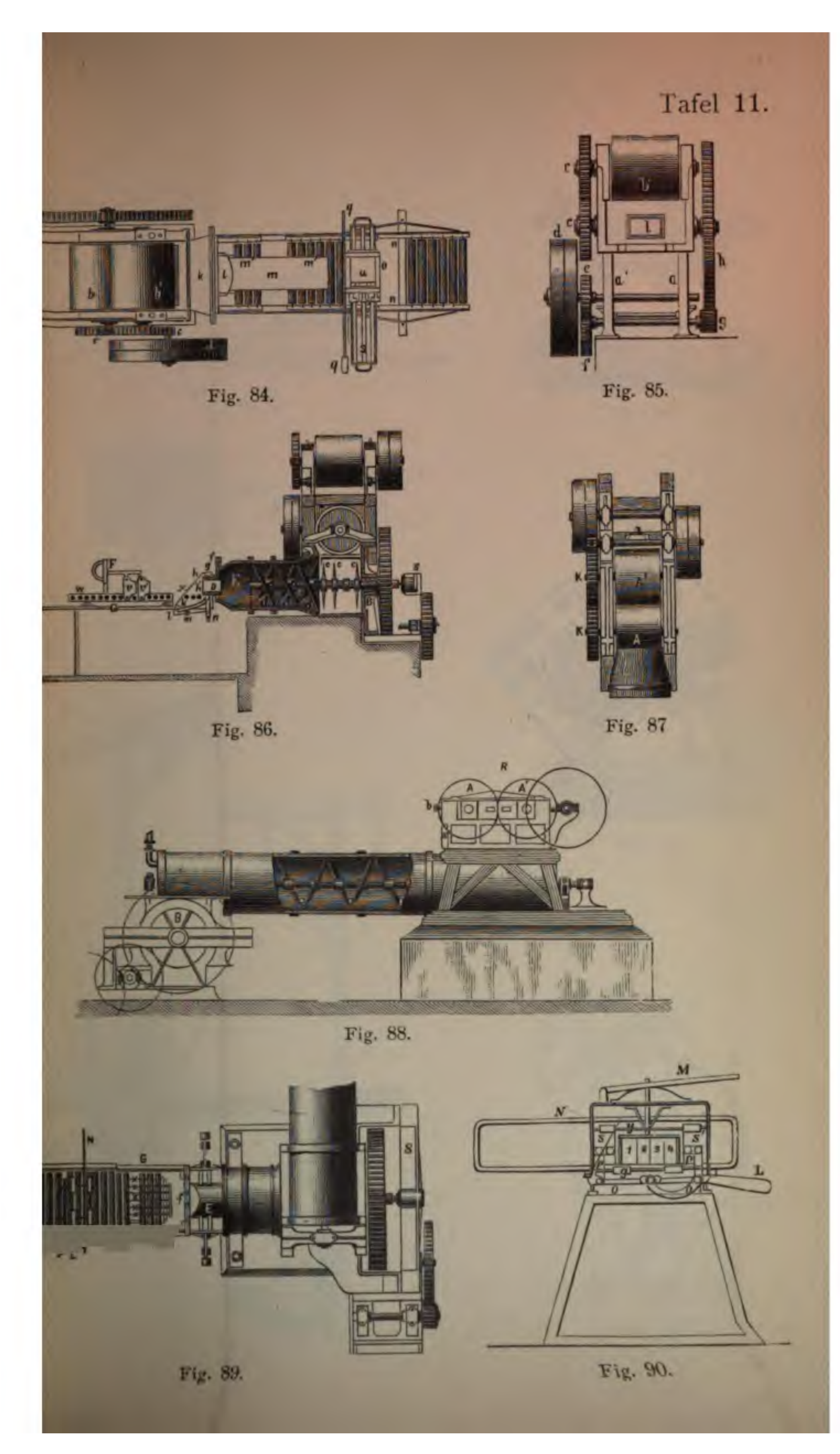


Fig. 84.

Fig. 85.

Fig. 86.

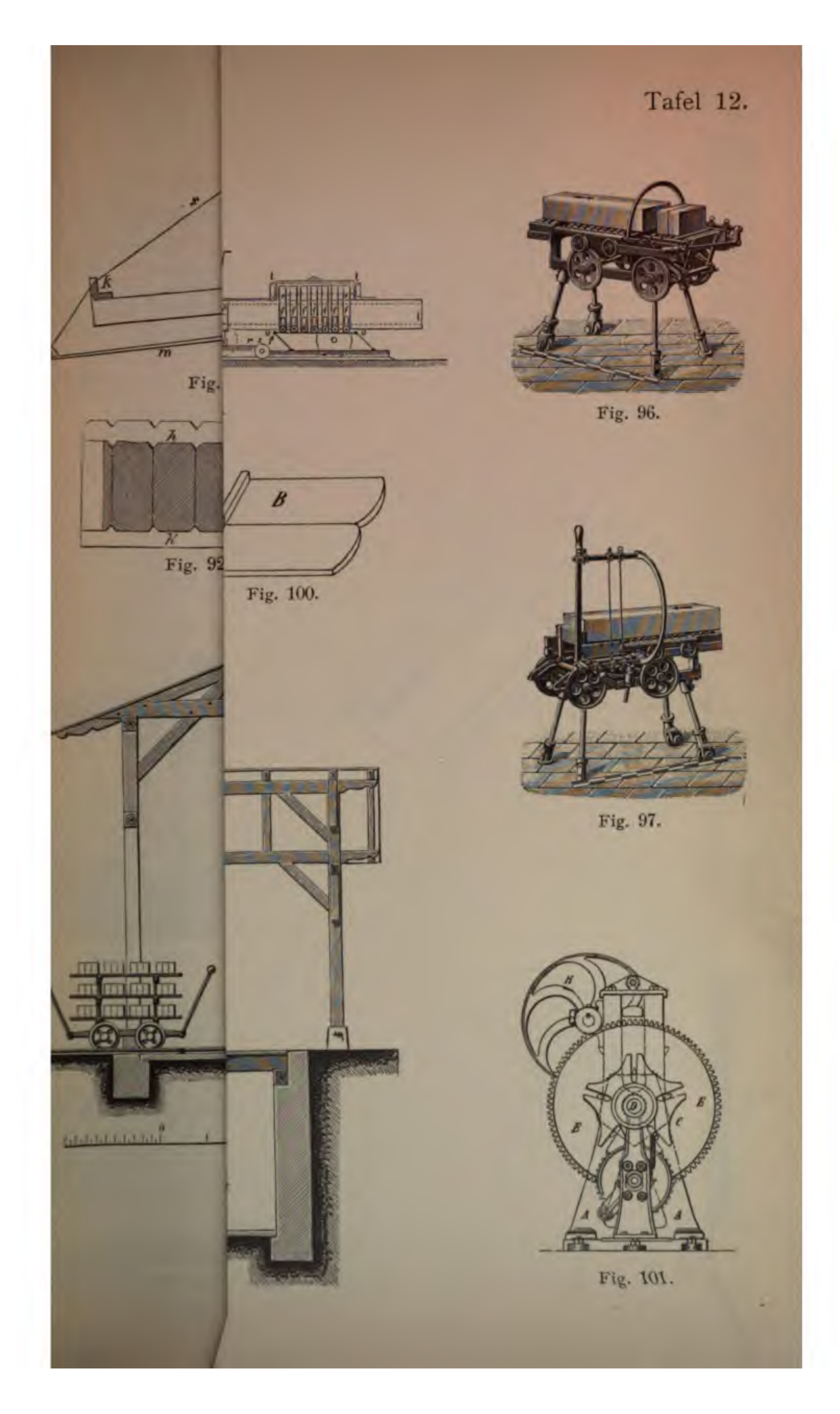
Fig. 87

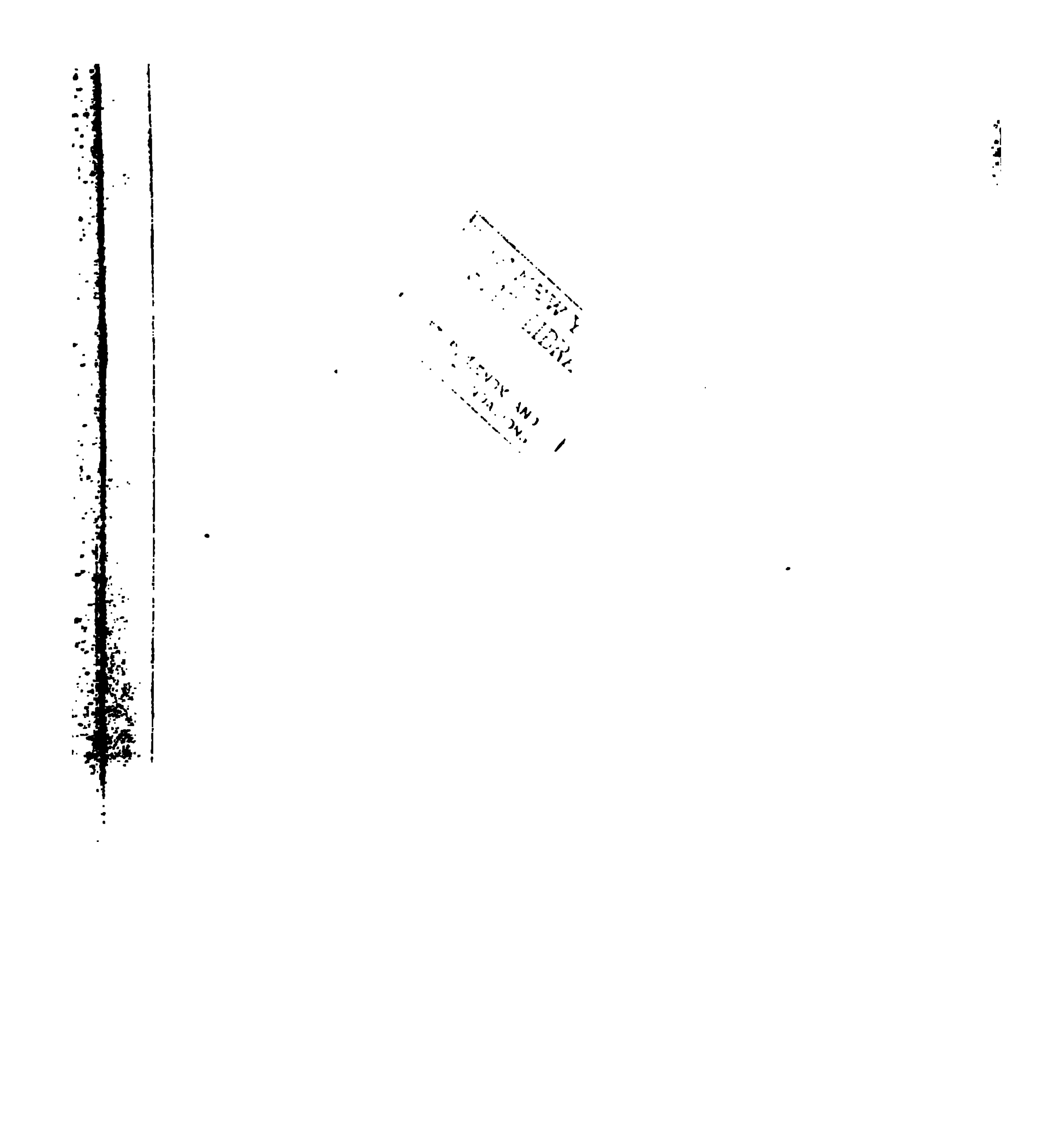
Fig. 88.

Fig. 89.

Fig. 90.




s
k
m
Fig.
h
h
Fig. 92
B
Fig. 100.
Fig. 96.
Fig. 97.
H
D
E
E
C
A
A
Fig. 101.



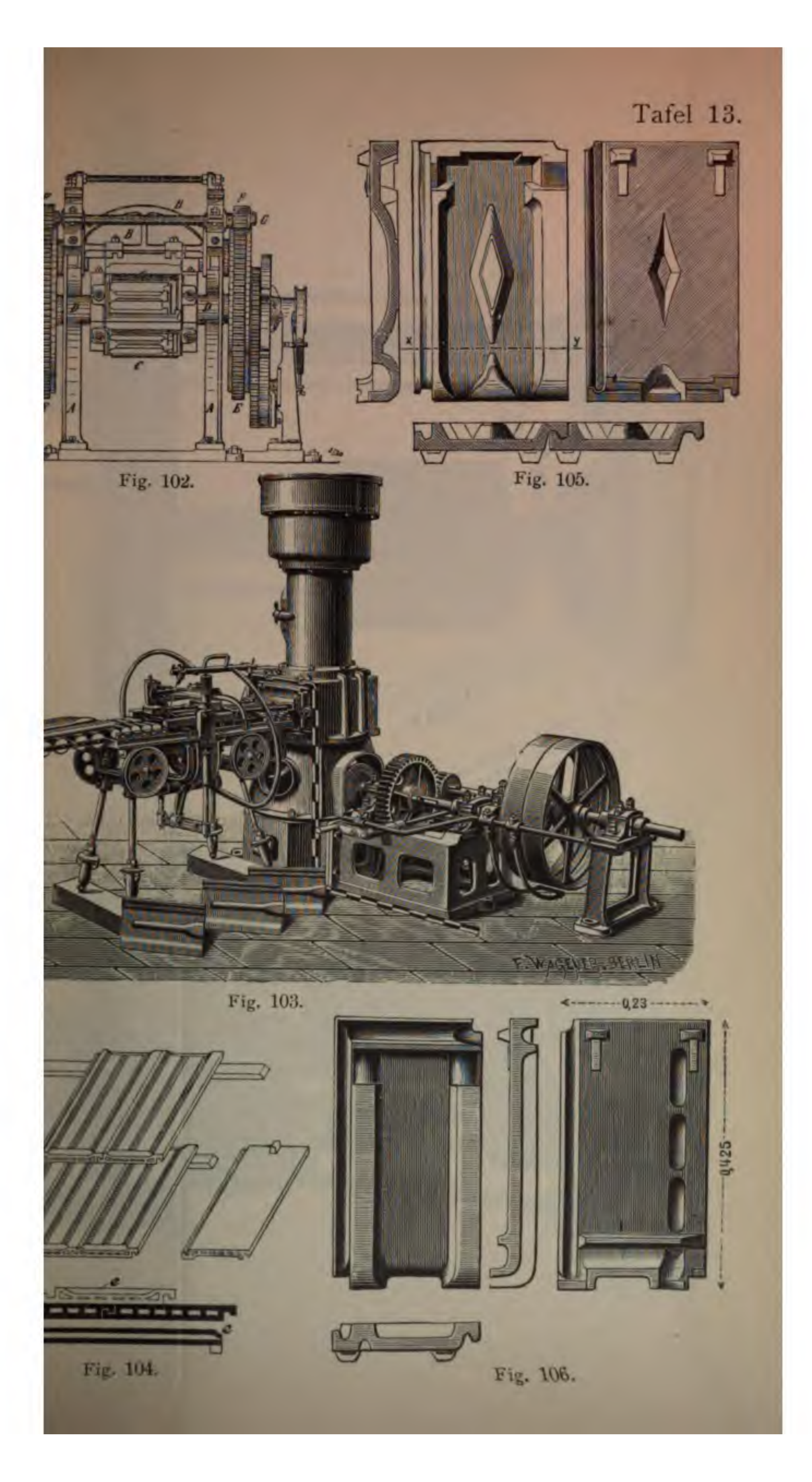


Fig. 102.

Fig. 105.

Fig. 103.

Fig. 104.

Fig. 106.



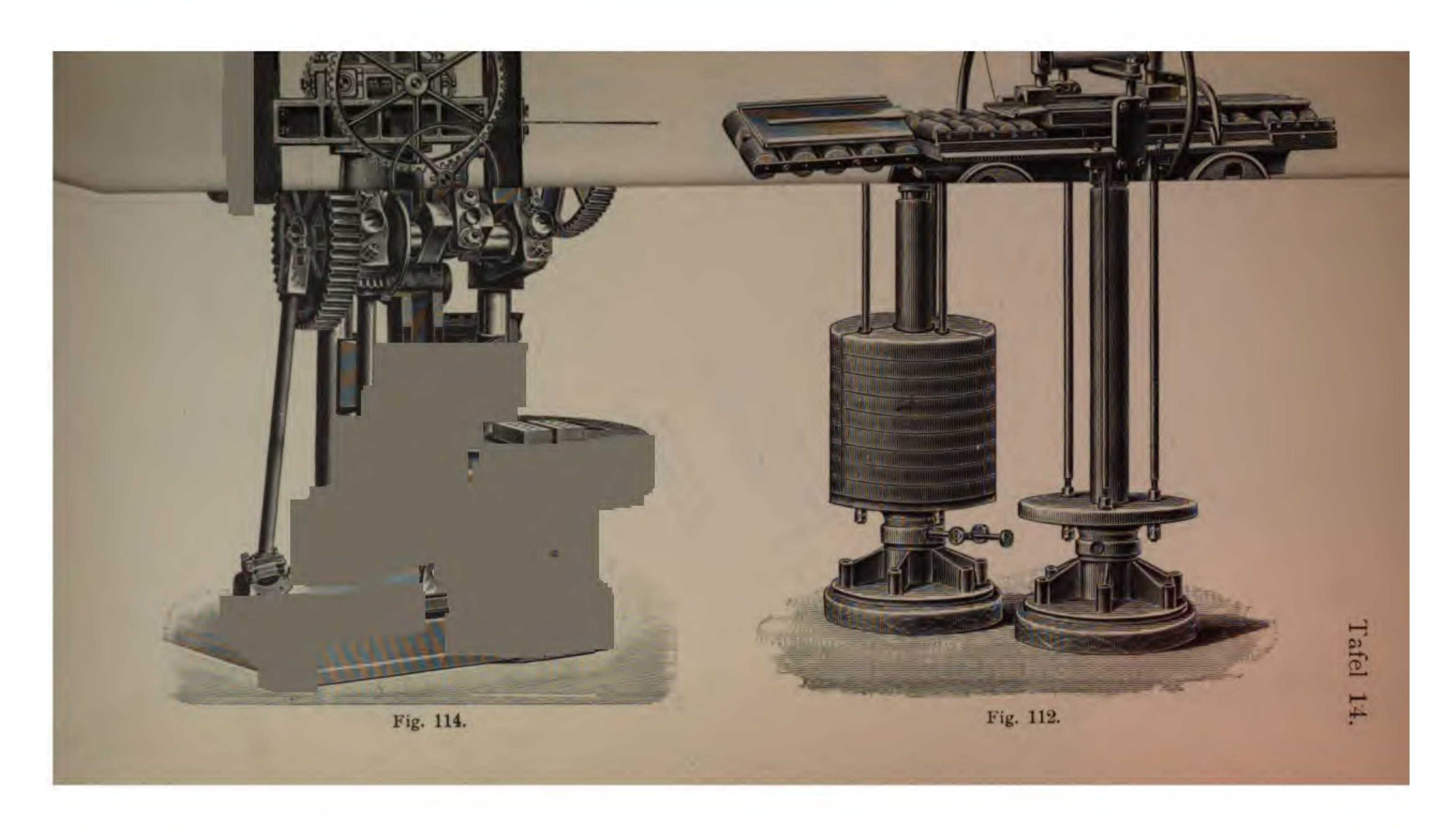
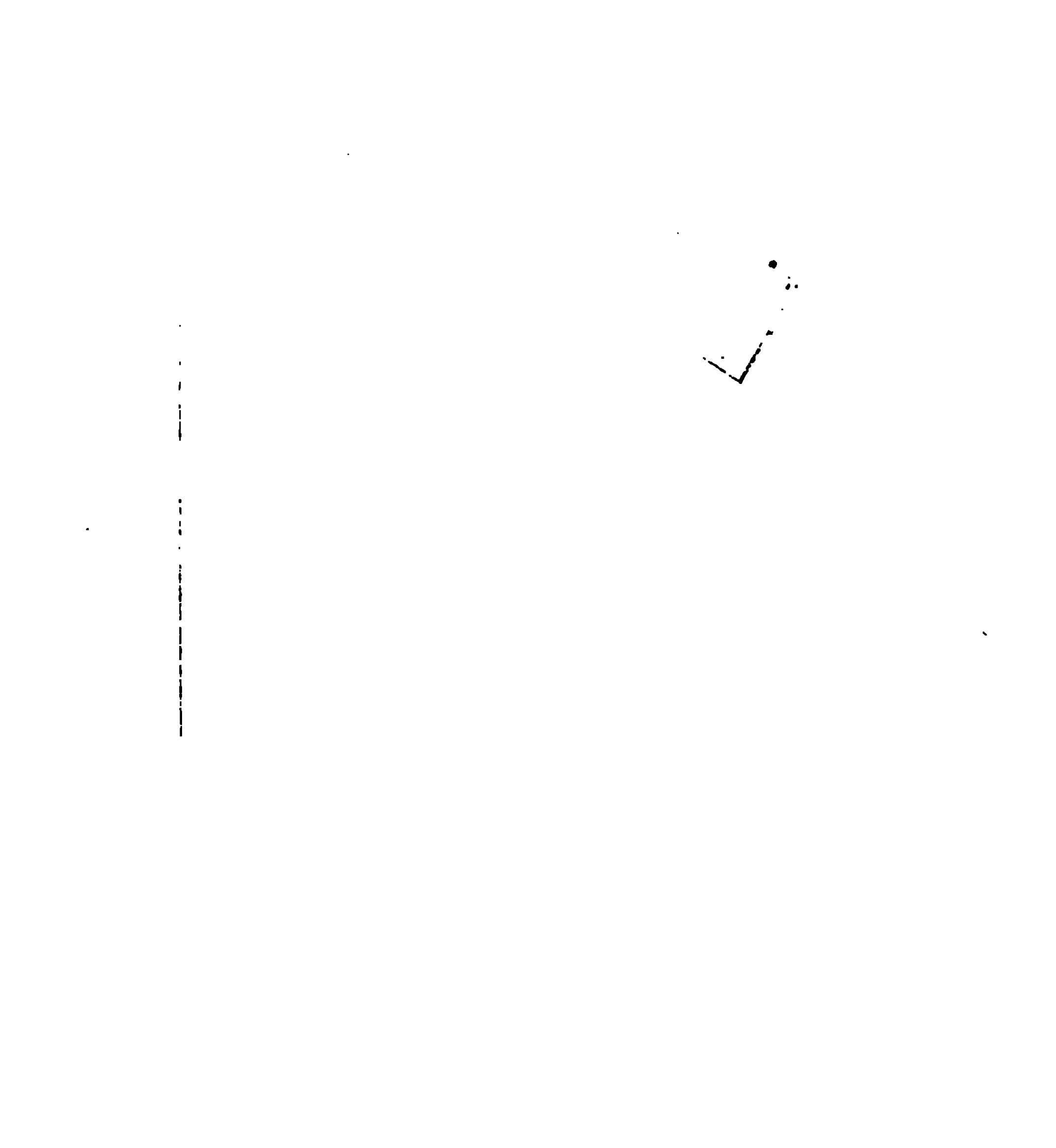
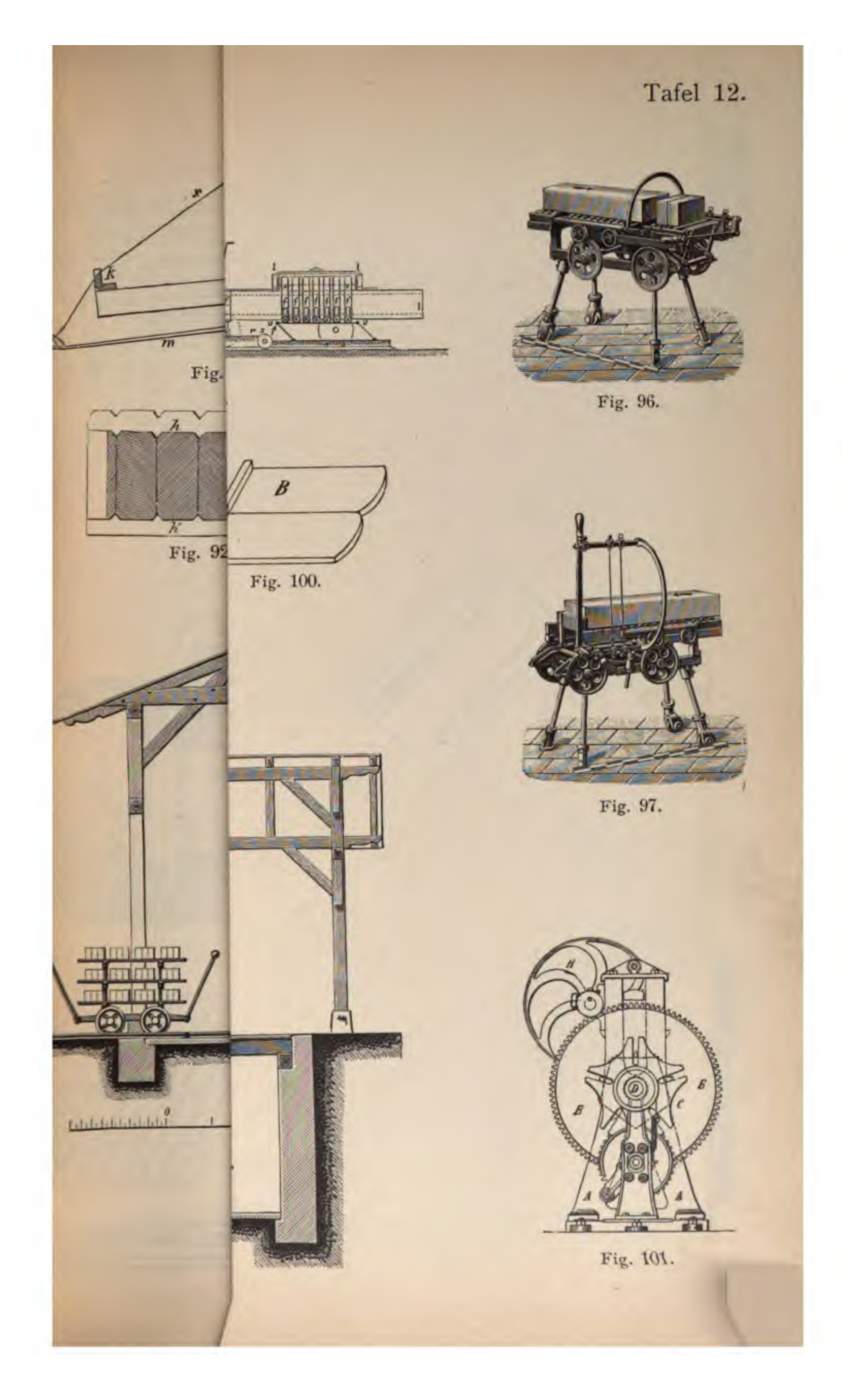


Fig. 114.

Fig. 112.




x
k
m
Fig.
h
h'
Fig. 92
B
Fig. 100.
Fig. 96.
Fig. 97.
H
D
B
C
E
A
A
Fig. 101.



Tafel 16.

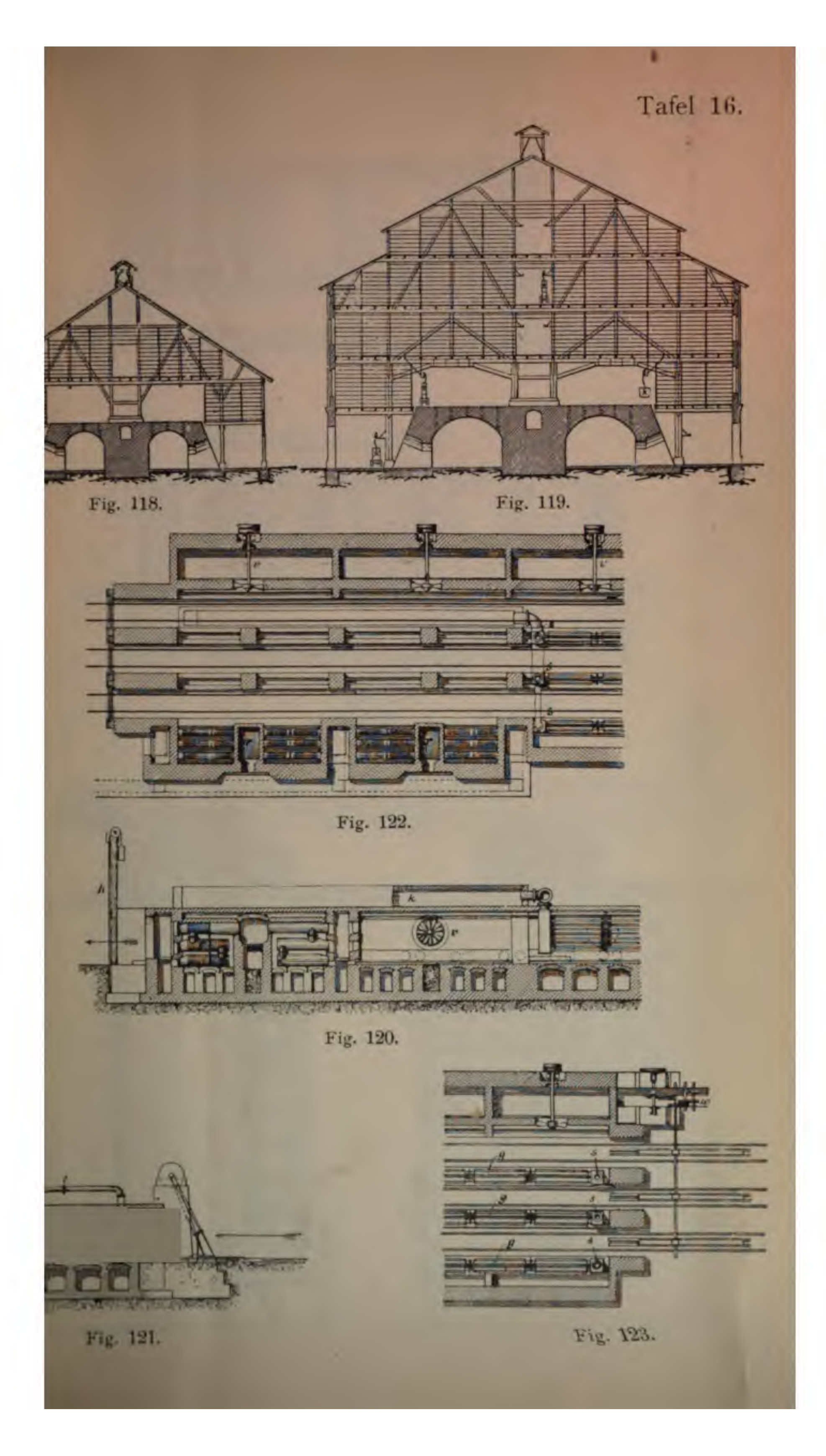
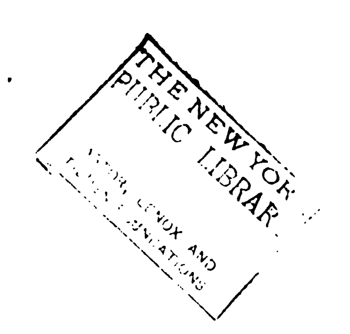


Fig. 118. Fig. 119.

Fig. 122.

Fig. 120.

Fig. 121. Fig. 123.



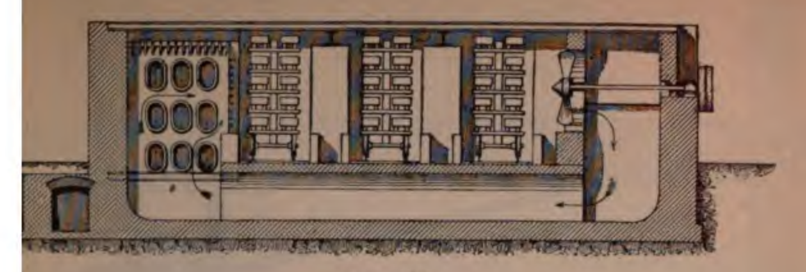


Fig. 124.

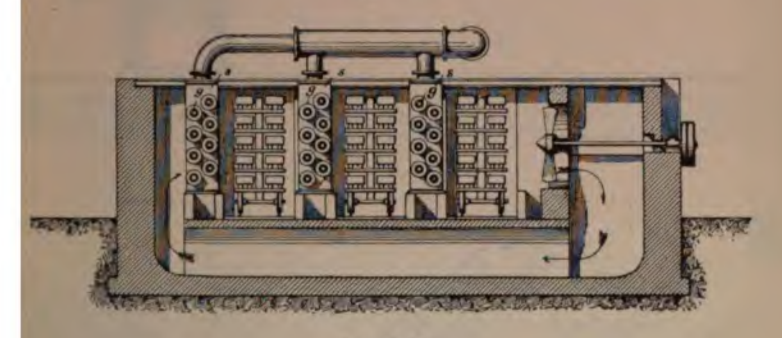


Fig. 125.

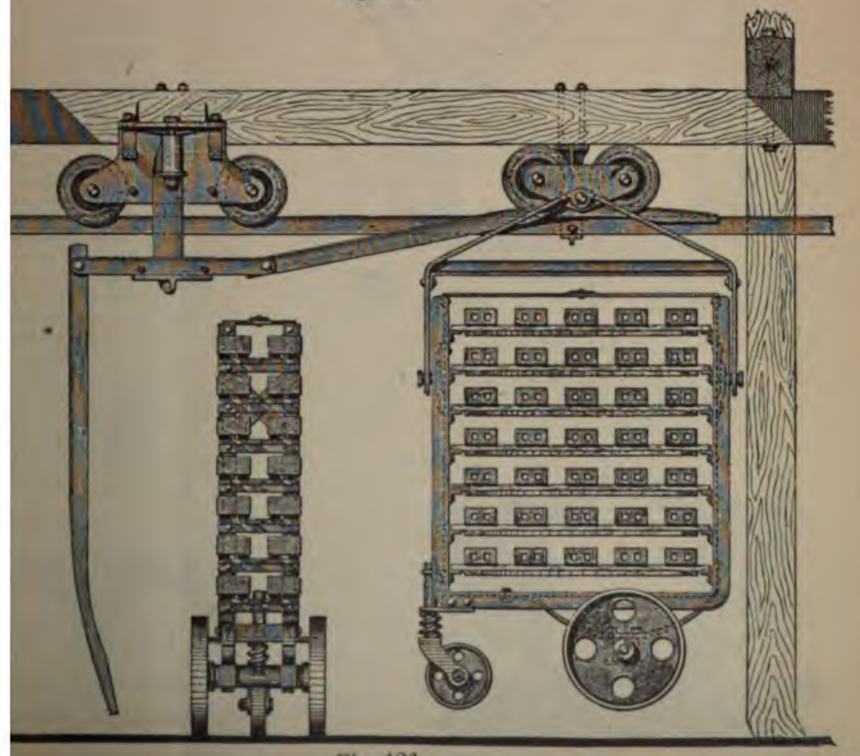
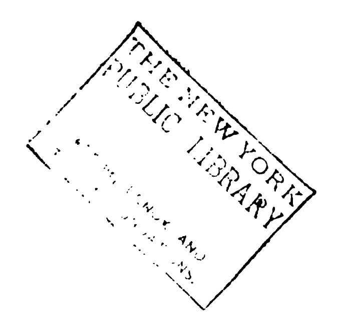


Fig. 126.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

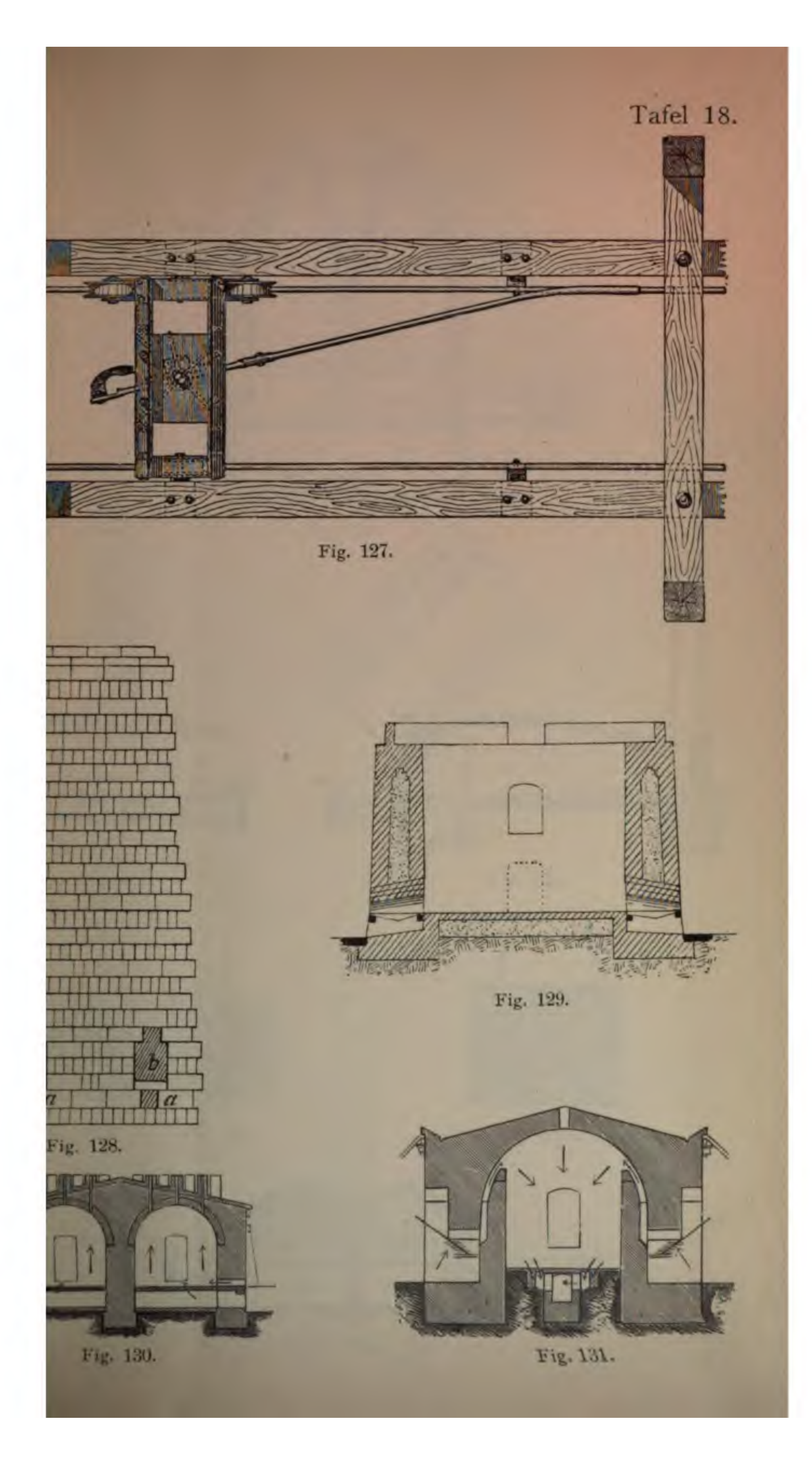


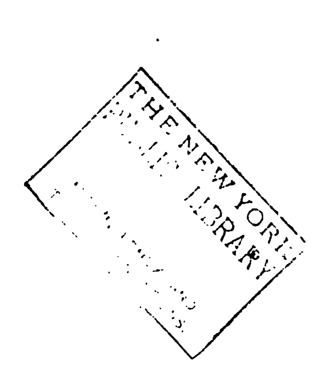
Fig. 127.

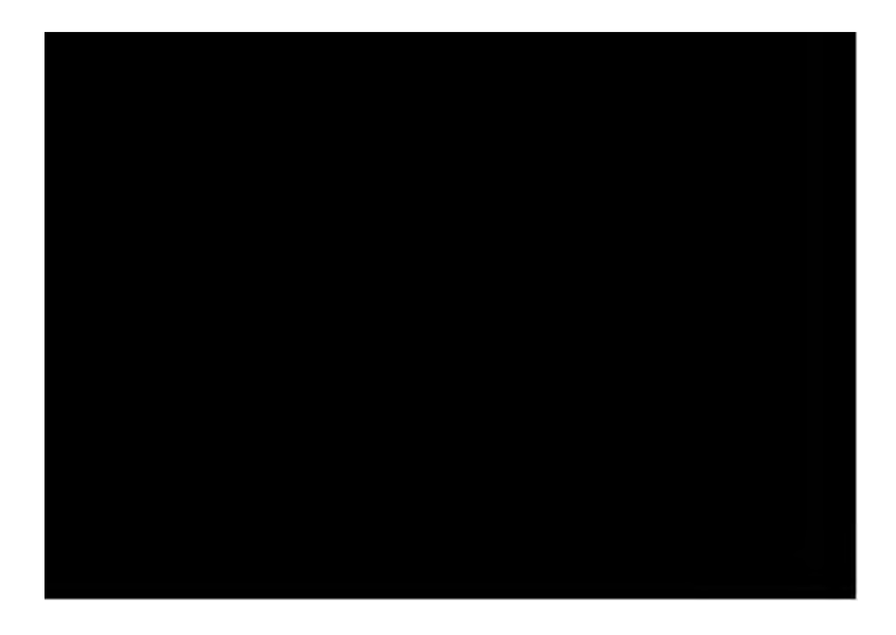
Fig. 128.

Fig. 129.

Fig. 130.

Fig. 131.





Öffnung zum Aus u. Einkarren

Öffnung zum Aus u. Einkarren.

Feuer – Wand

Rost – Fläche

Schür– Raum.

Fig. 132.

Schür-Raum

Fig. 134.

Fig. 133.

Fig. 136.

Fig. 137.

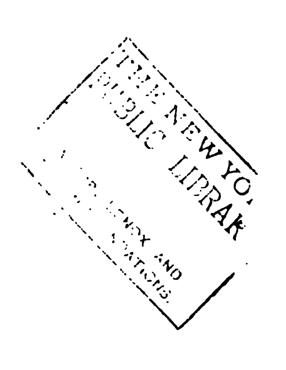
Fig. 138.

Aschen.= Raum

Luft Schacht

Luft Schacht

Fig. 135.



Tafel 20.

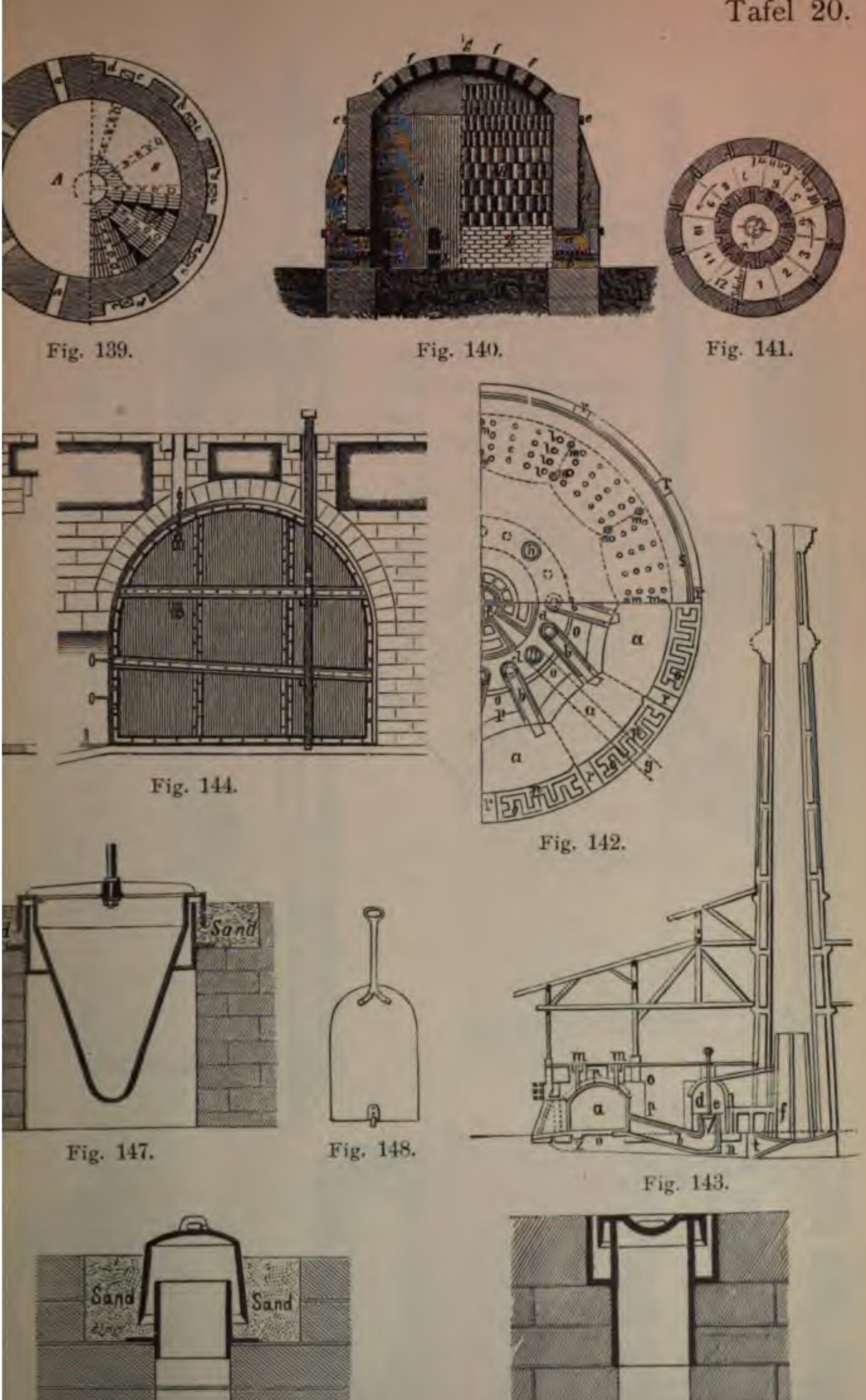
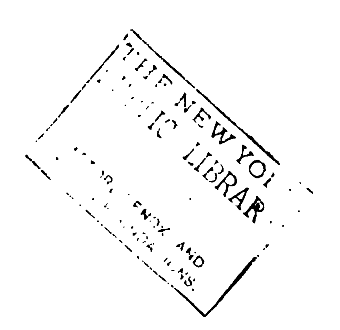


Fig. 139. Fig. 140. Fig. 141.

Fig. 144. Fig. 142.

Fig. 147. Fig. 148. Fig. 143.

Fig. 1 45. Fig. 146.



Tafel 21.

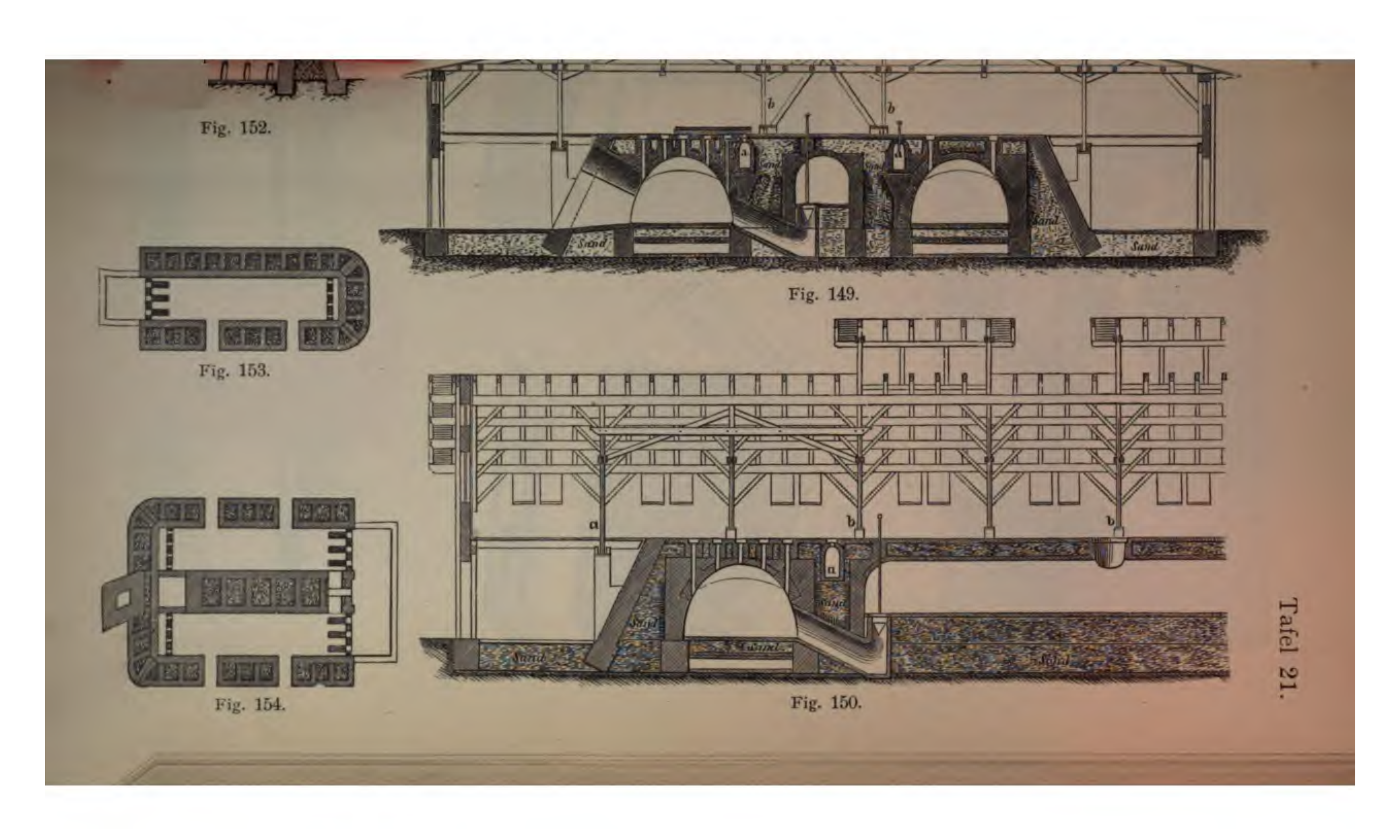


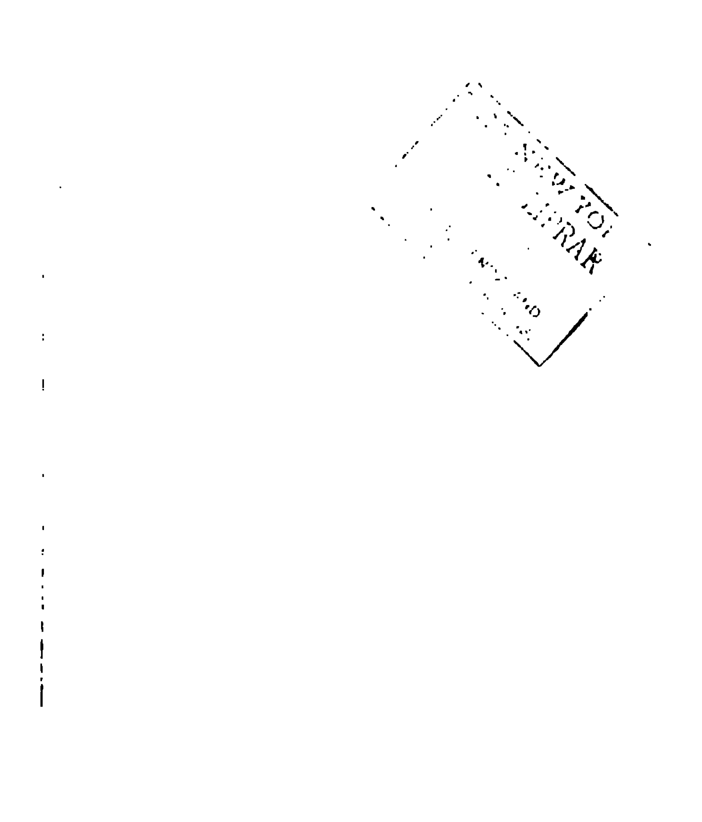
Fig. 152.

Fig. 149.

Fig. 153.

Fig. 154.

Fig. 150.



Tafel 21.

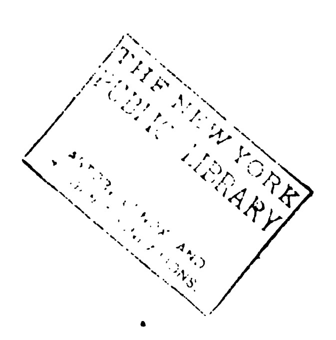
Fig. 149.

Fig. 150.

Fig. 152.

Fig. 153.

Fig. 154.



Tafel 22.

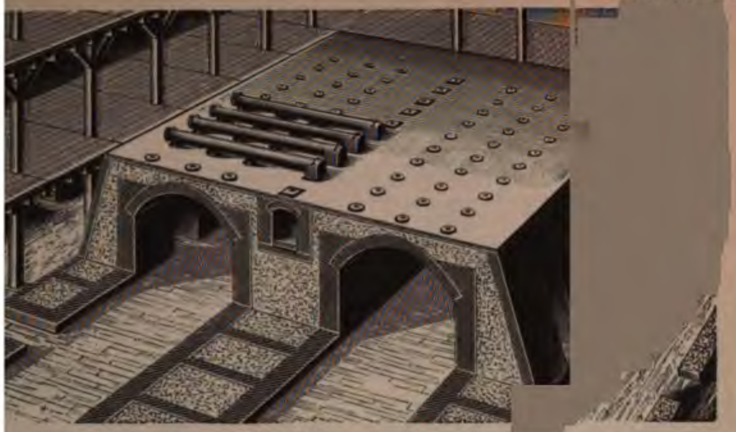


Fig. 151.

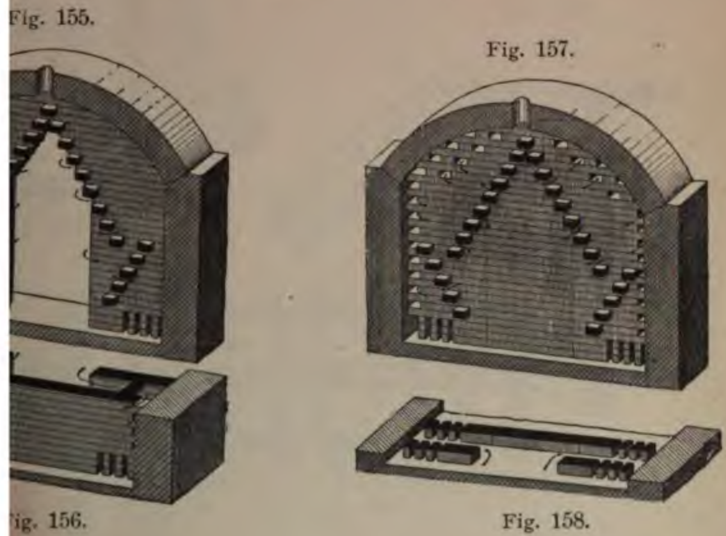


Fig. 155.

Fig. 157.

Fig. 156.

Fig. 158.

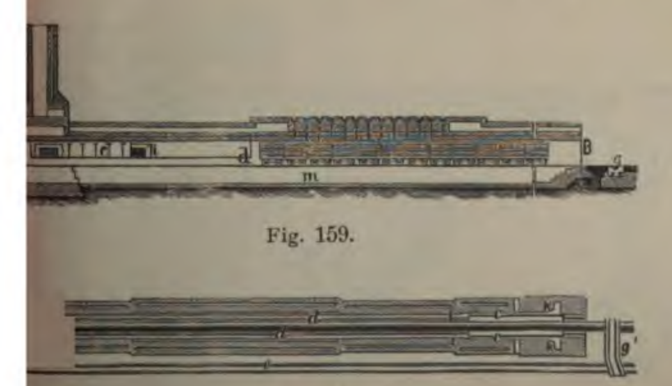
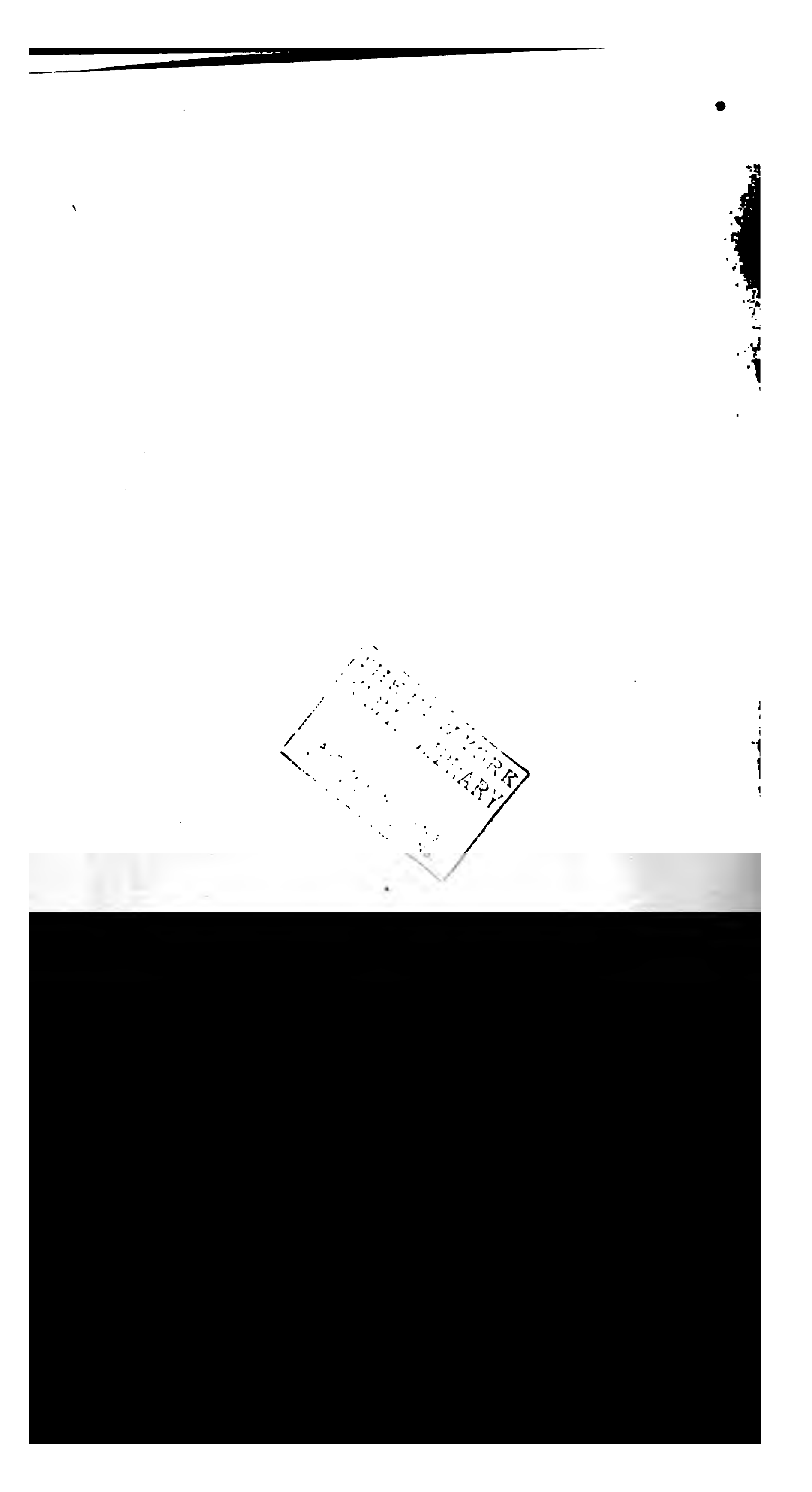


Fig. 159.

Fig. 160.



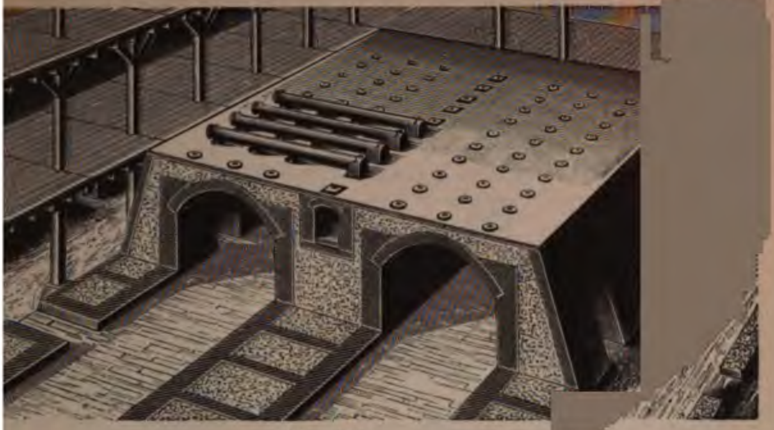


Fig. 151.

Fig. 155.

Fig. 157.

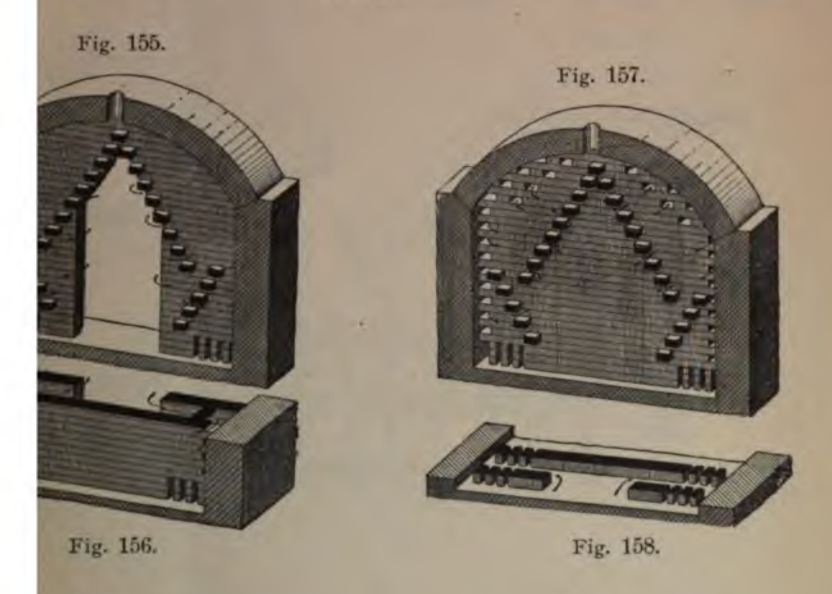


Fig. 156.

Fig. 158.



Fig. 159.



Fig. 160.


NEW YORK
LIBRARY

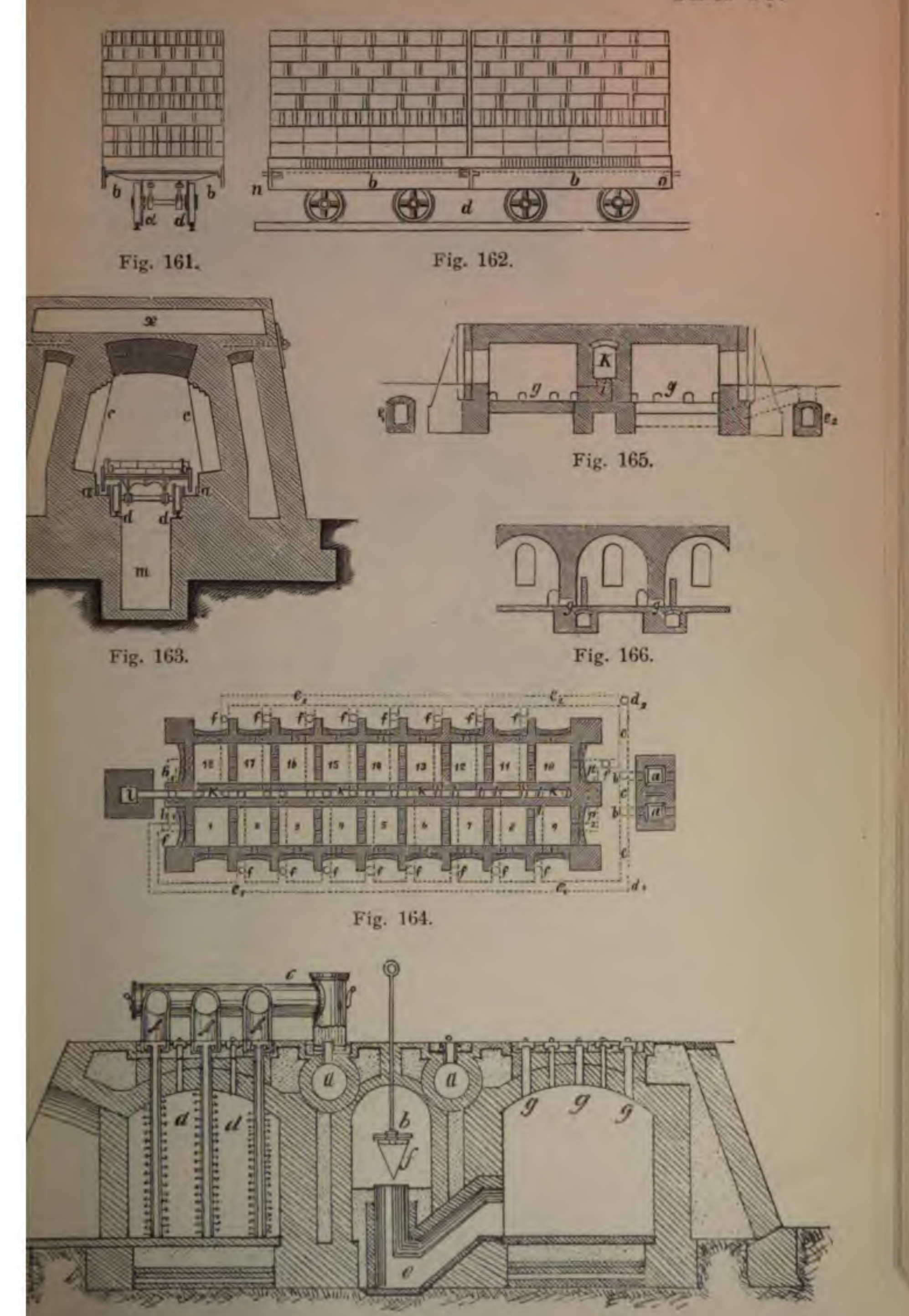


Fig. 161.

Fig. 162.

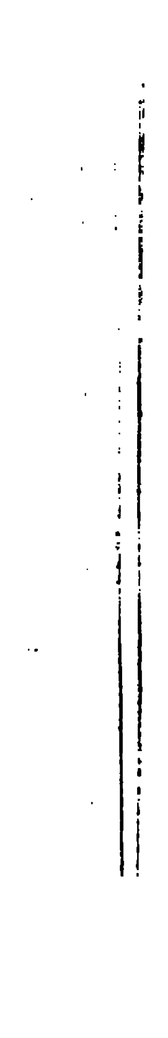
Fig. 163.

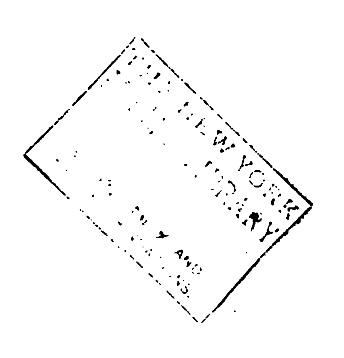
Fig. 165.

Fig. 166.

Fig. 164.

Fig. 167.





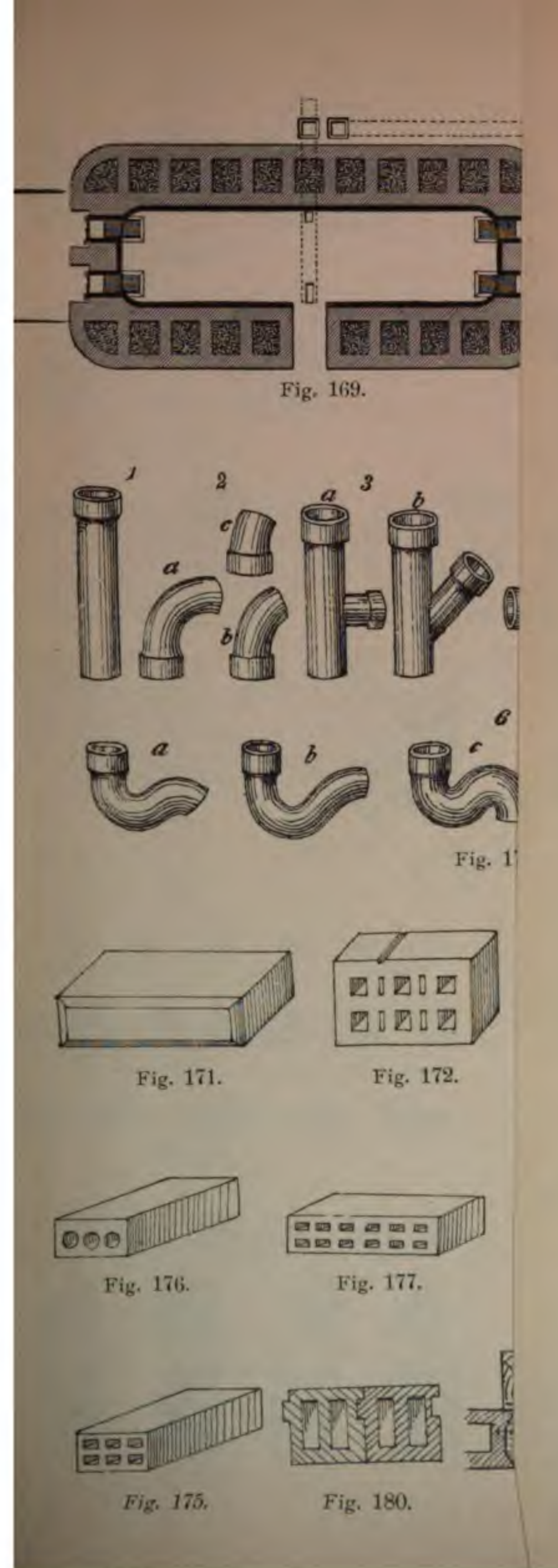


Fig. 169.

Fig. 1

Fig. 171.

Fig. 172.

Fig. 176.

Fig. 177.

Fig. 175.

Fig. 180.

5.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY



Fig. 169.

Fig. 1

Fig. 171.

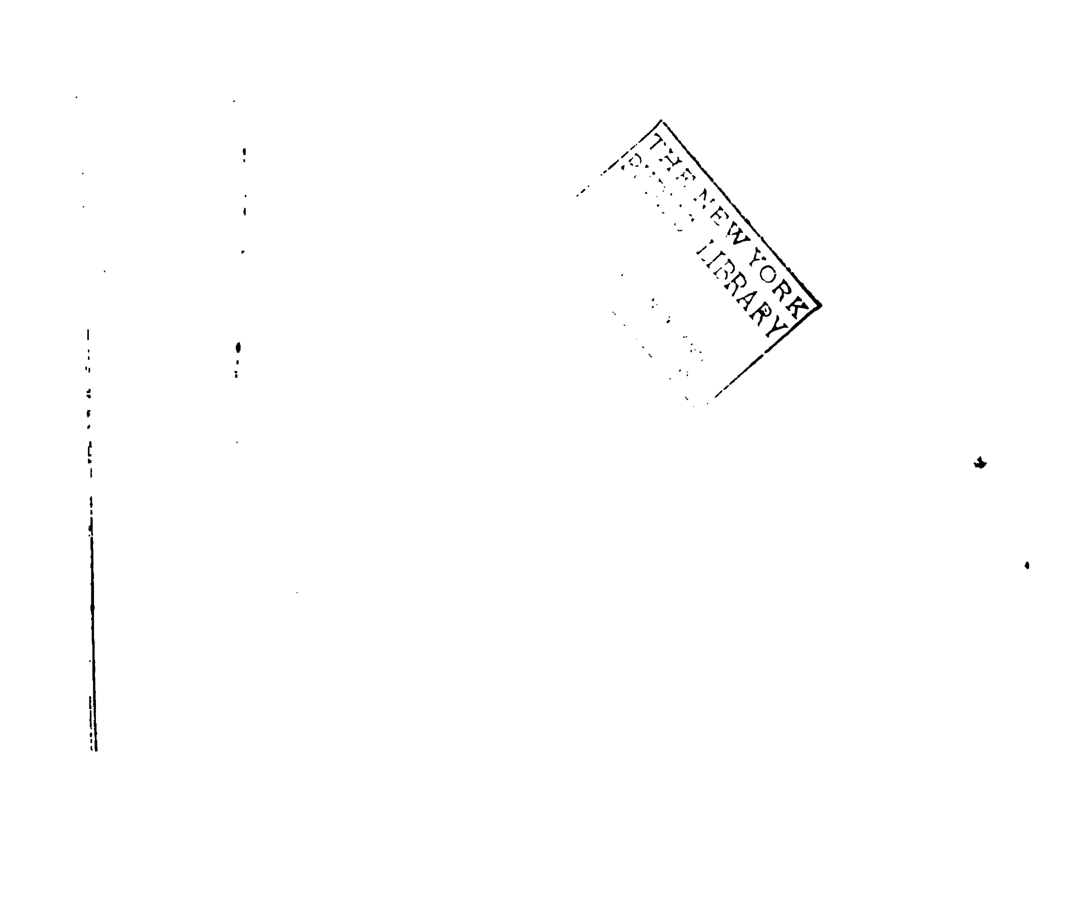
Fig. 172.

Fig. 176.

Fig. 177.

Fig. 175.

Fig. 180.



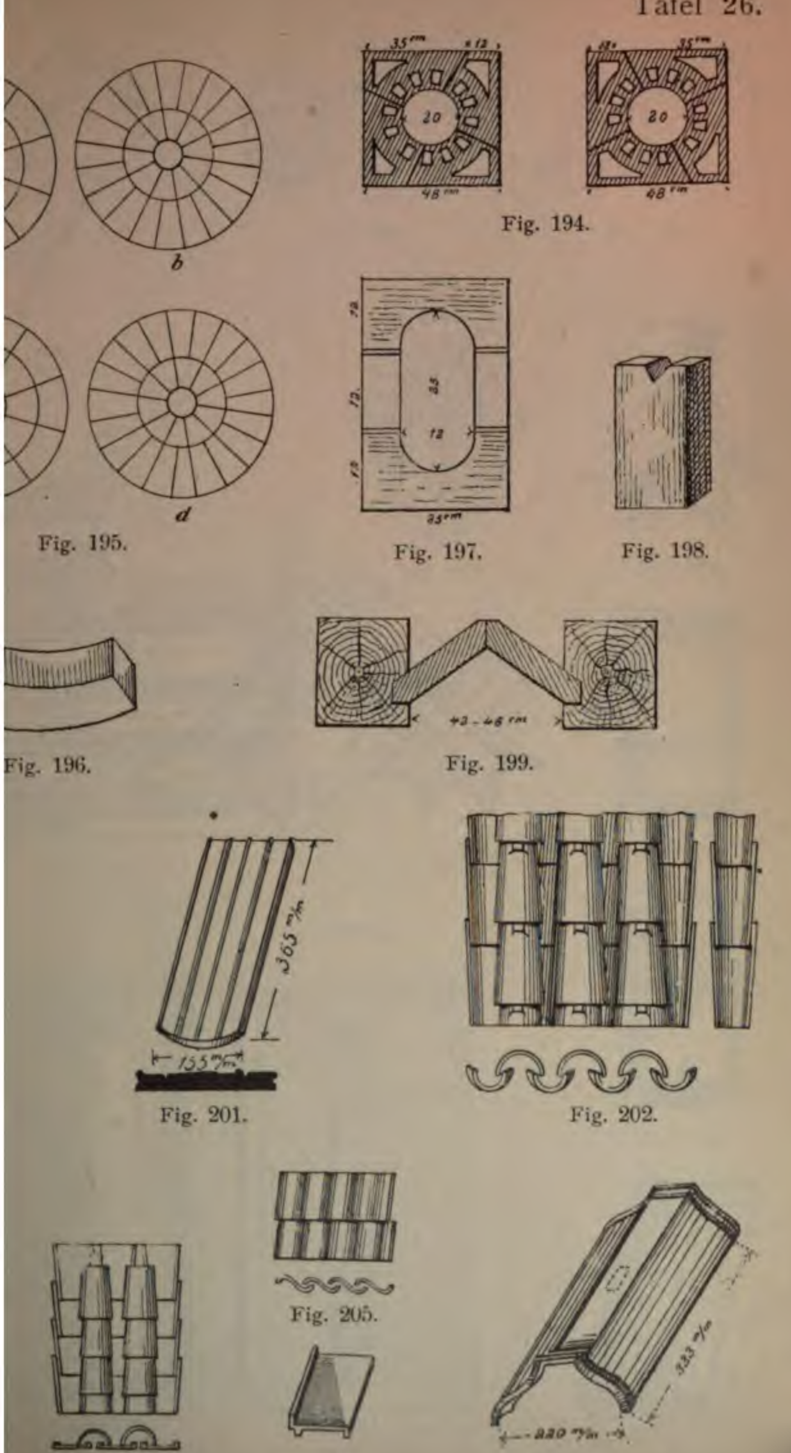


Fig. 194.

Fig. 195.

Fig. 196.

Fig. 197.

Fig. 198.

Fig. 199.

Fig. 201.

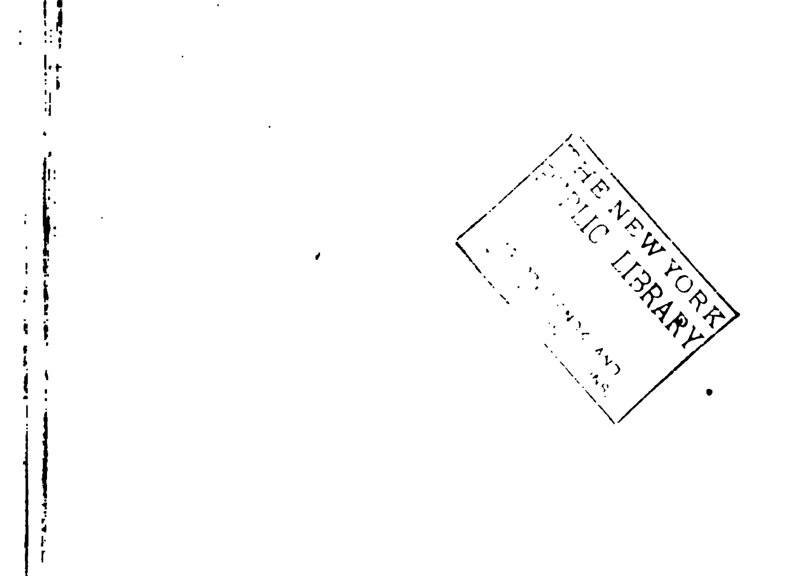
Fig. 202.

Fig. 204.

Fig. 205.

Fig. 206.

Fig. 207.


NEW YORK
LIBRARY

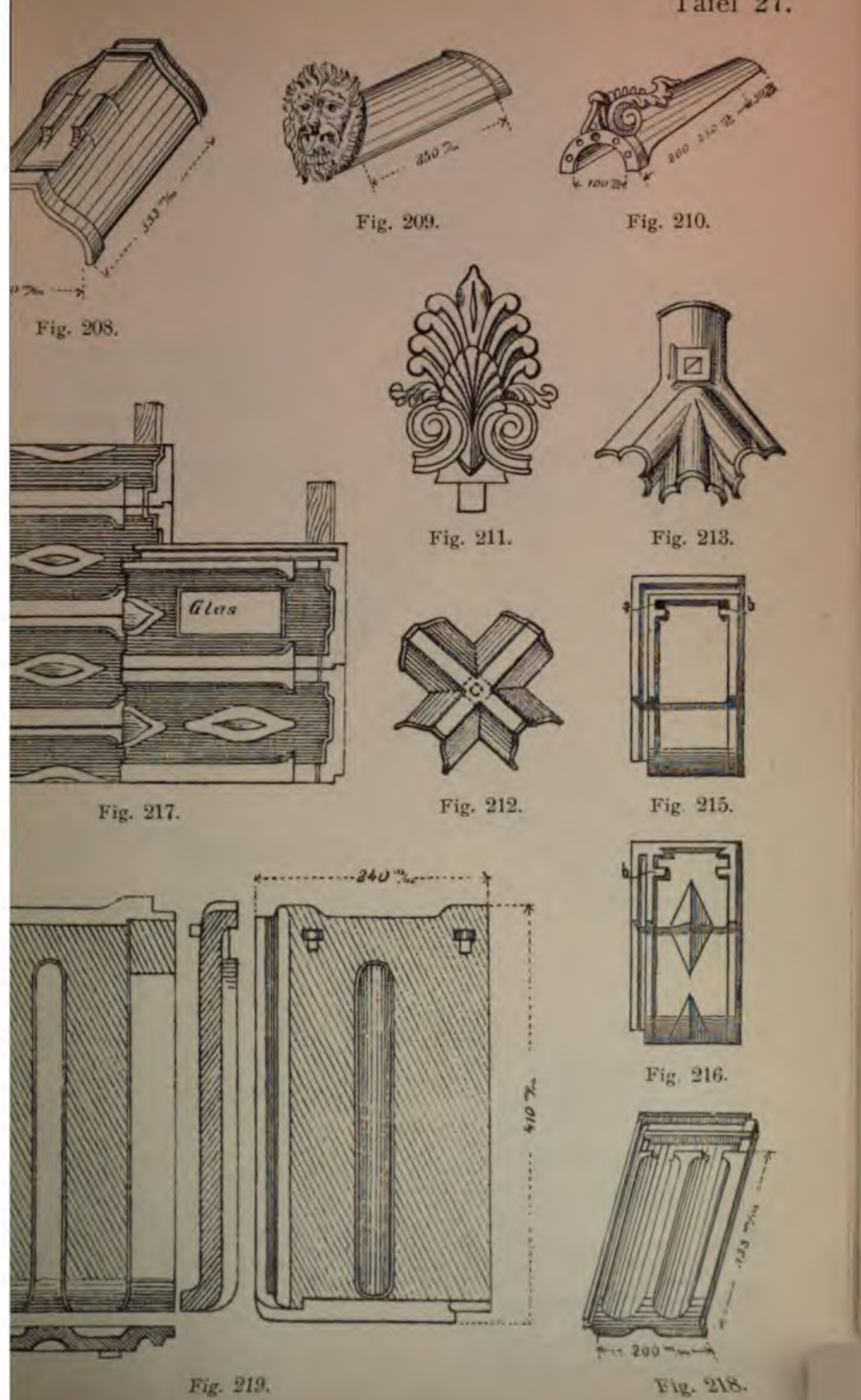
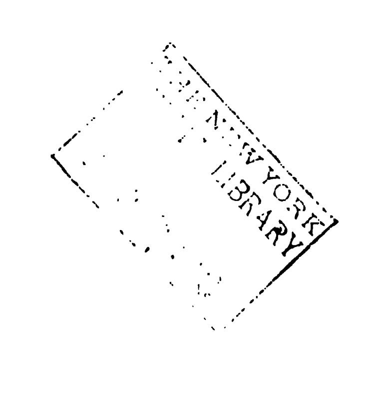


Fig. 208. Fig. 209. Fig. 210. Fig. 211. Fig. 213. Fig. 217. Fig. 212. Fig. 215. Fig. 216. Fig. 219. Fig. 218.



Tafel 28.

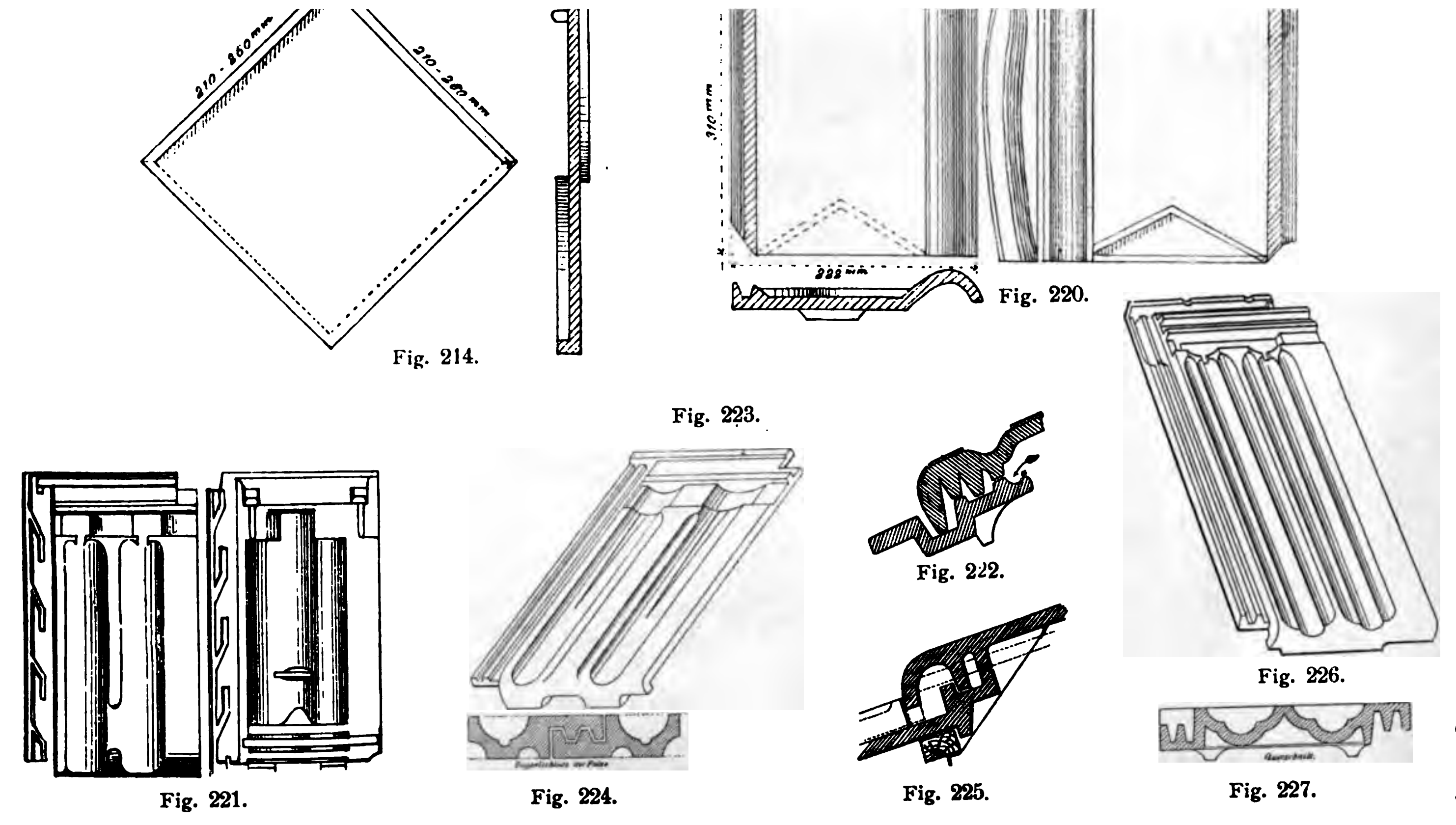


Fig. 214.

Fig. 220.

Fig. 221.

Fig. 222.

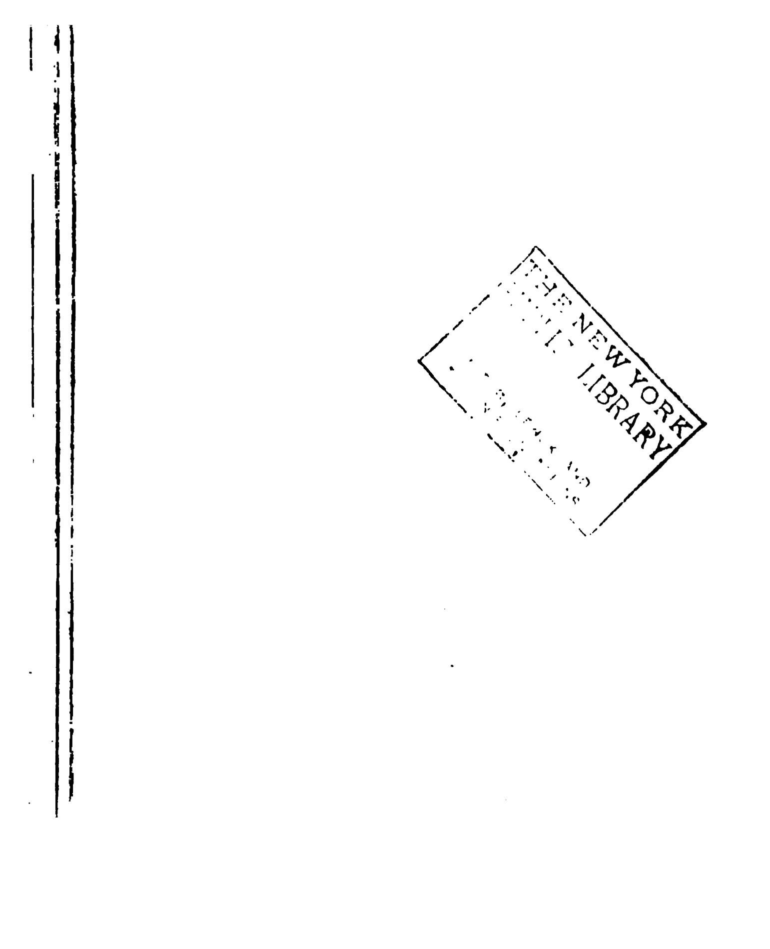
Fig. 223.

Fig. 224.

Fig. 225.

Fig. 226.

Fig. 227.


THE NEW YORK
LIBRARY

Tafel 28.

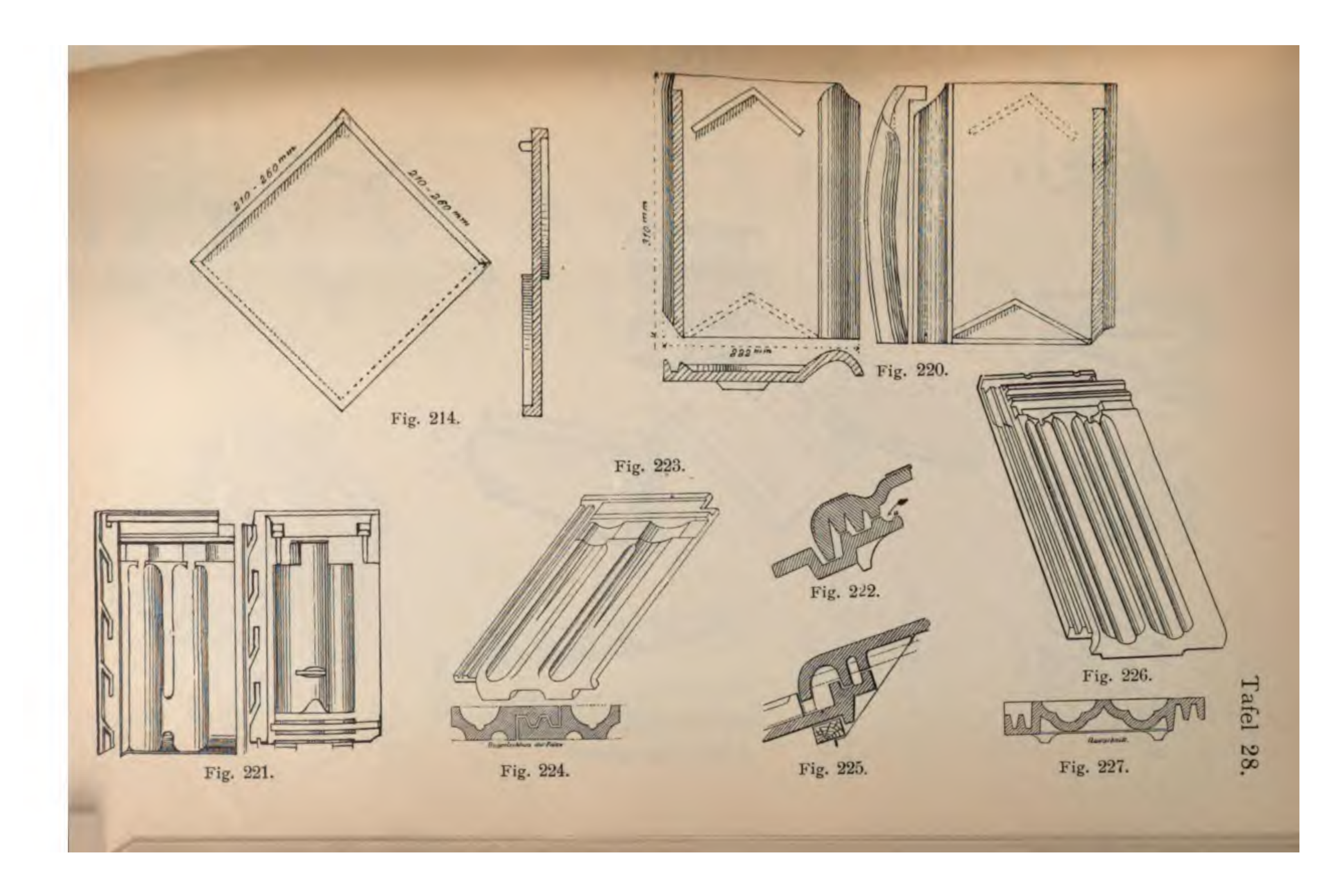


Fig. 214.

Fig. 220.

Fig. 223.

Fig. 222.

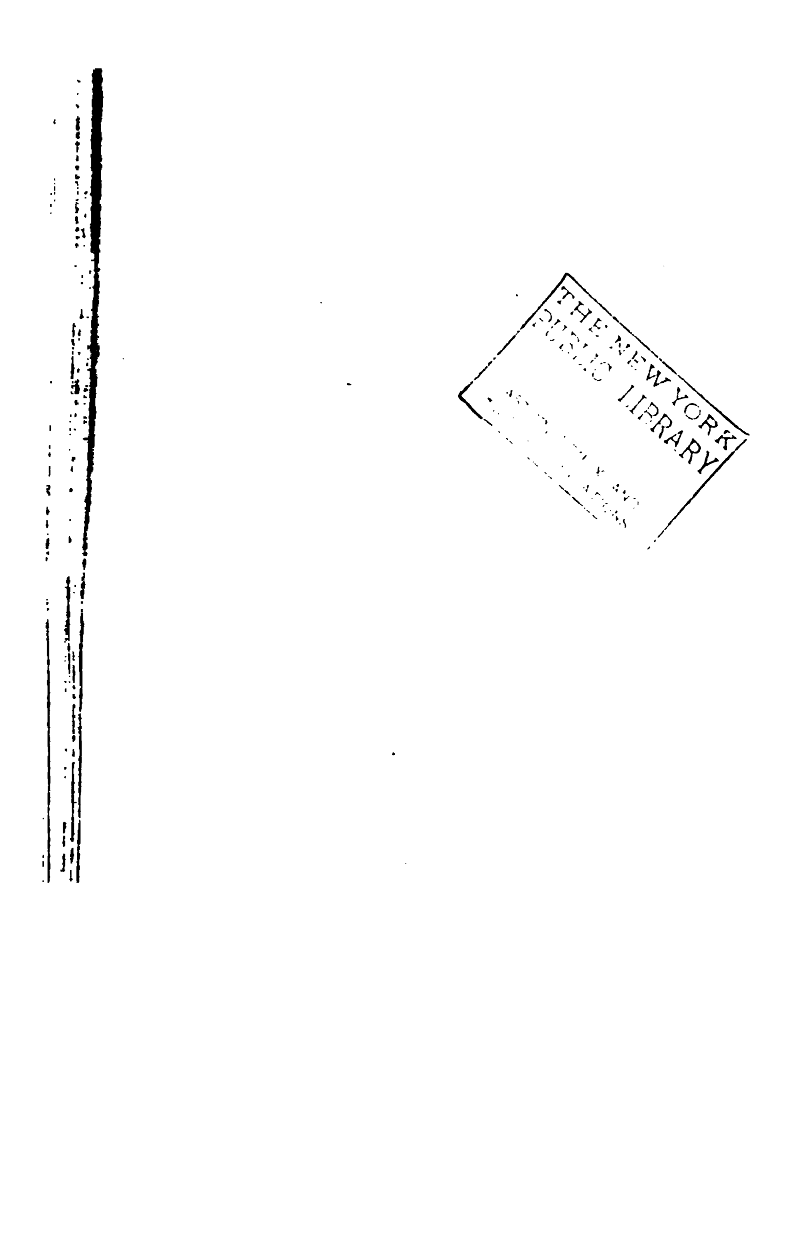
Fig. 226.

Fig. 221.

Fig. 224.

Fig. 225.

Fig. 227.



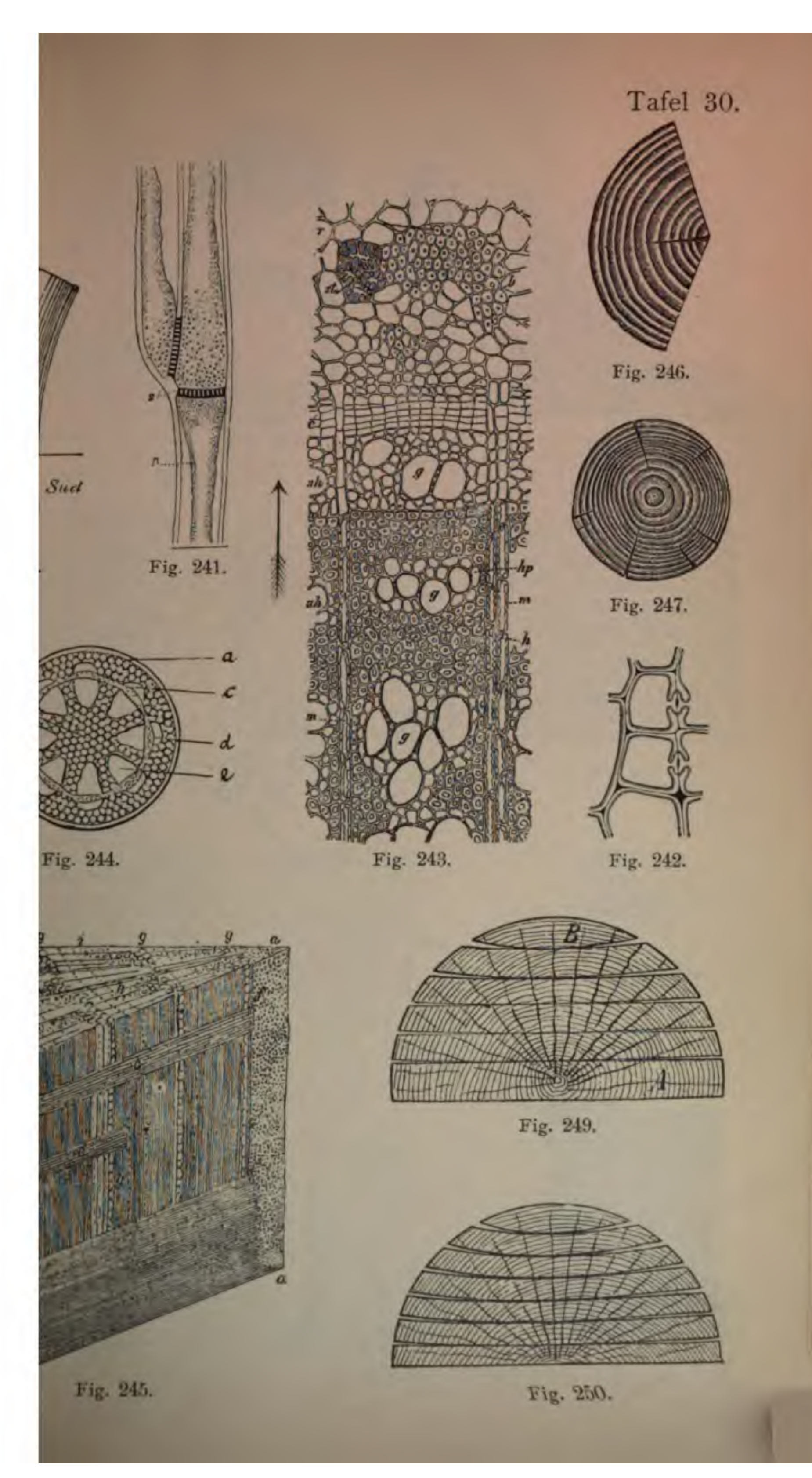


Fig. 241.

Fig. 242.

Fig. 243.

Fig. 244.

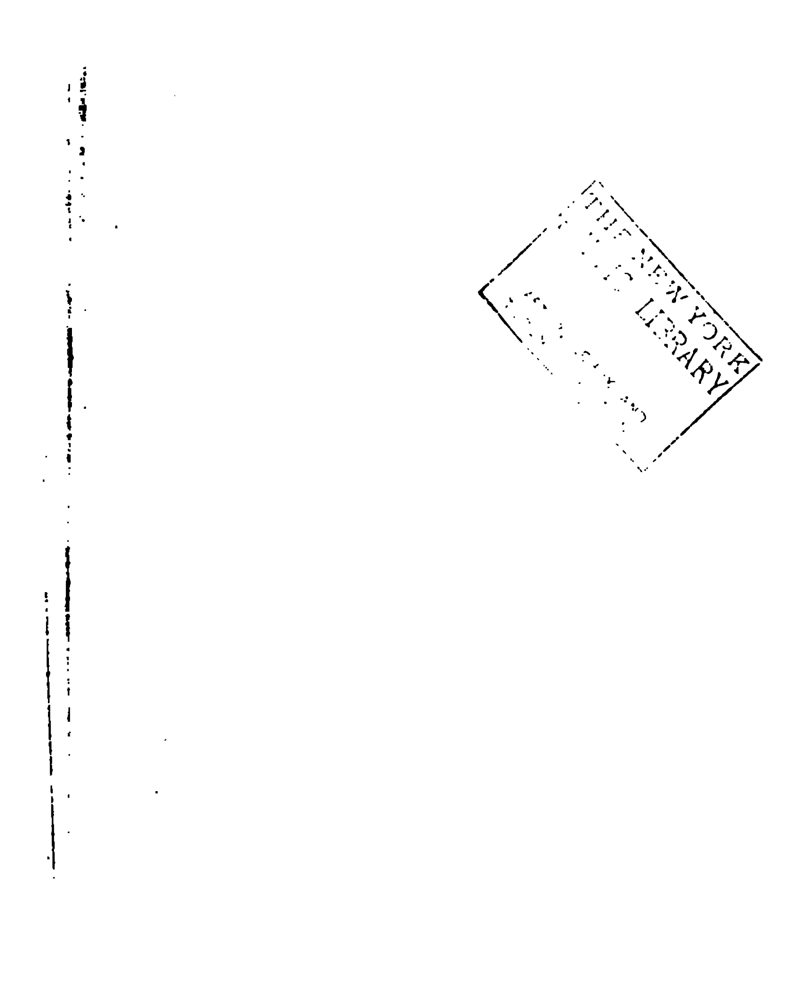
Fig. 245.

Fig. 246.

Fig. 247.

Fig. 249.

Fig. 250.



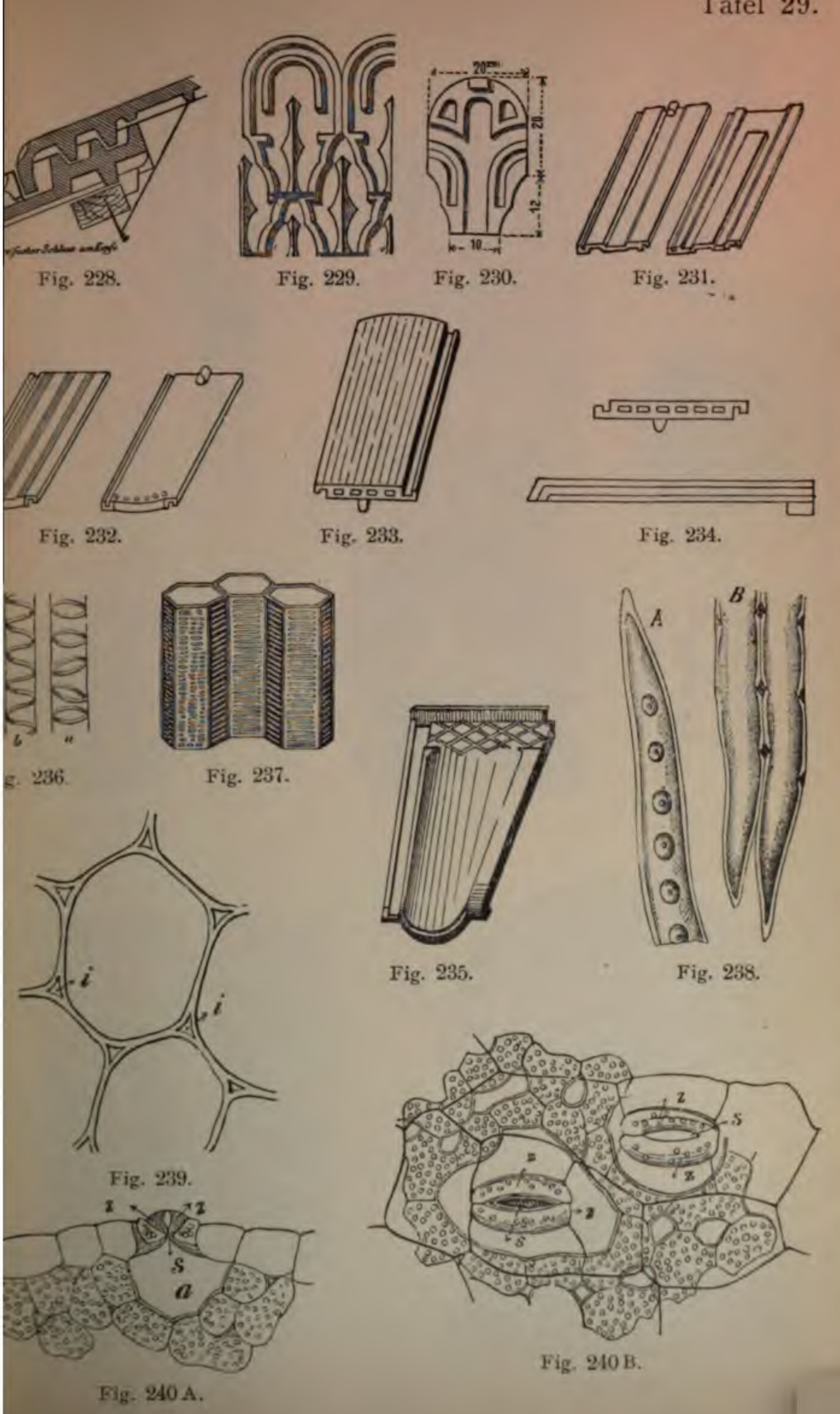


Fig. 228. Fig. 229. Fig. 230. Fig. 231.

Fig. 232. Fig. 233. Fig. 234.

Fig. 236. Fig. 237. Fig. 235. Fig. 238.

Fig. 239. Fig. 240 A. Fig. 240 B.

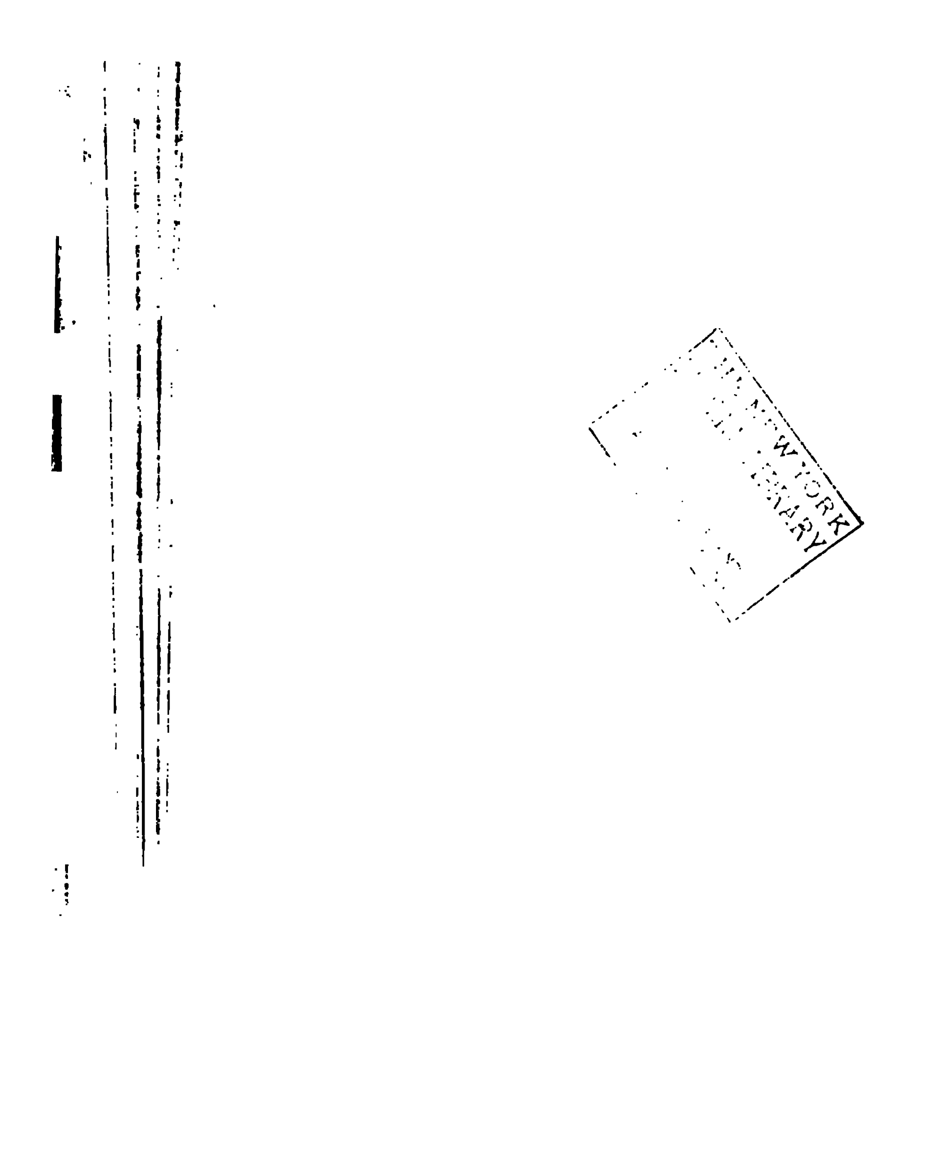


Fig. 246.

Fig. 241.

Fig. 247.

Fig. 244.

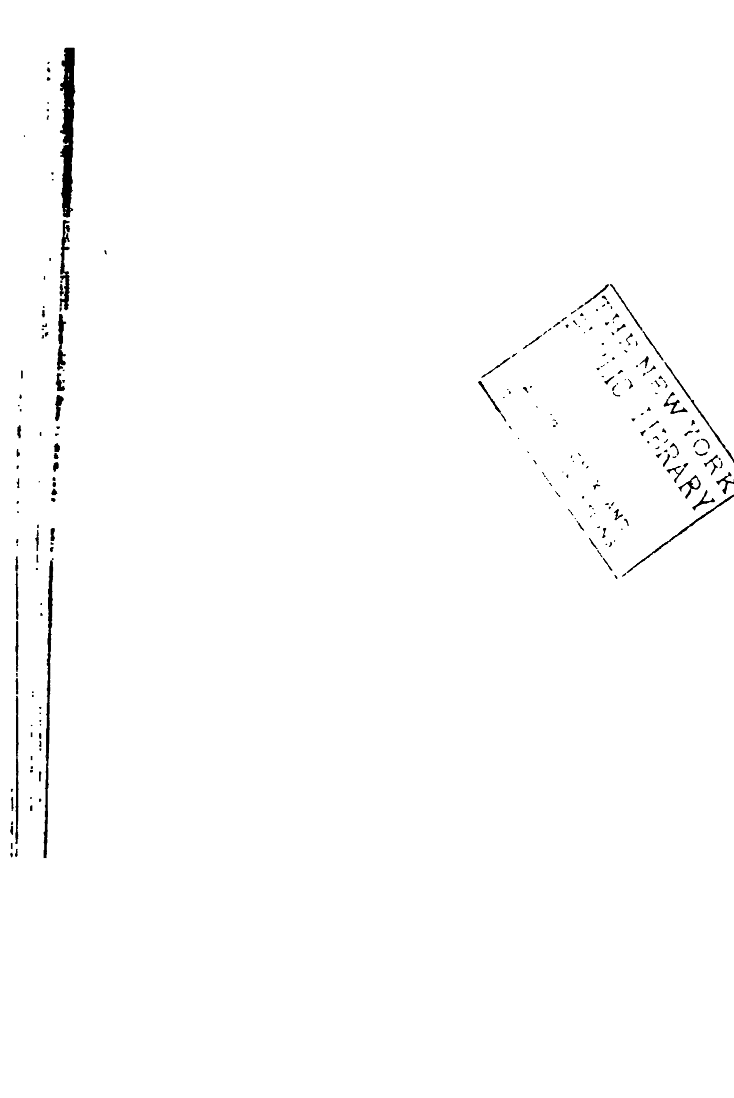
Fig. 243.

Fig. 242.

Fig. 249.

Fig. 245.

Fig. 250.



Tafel 31.

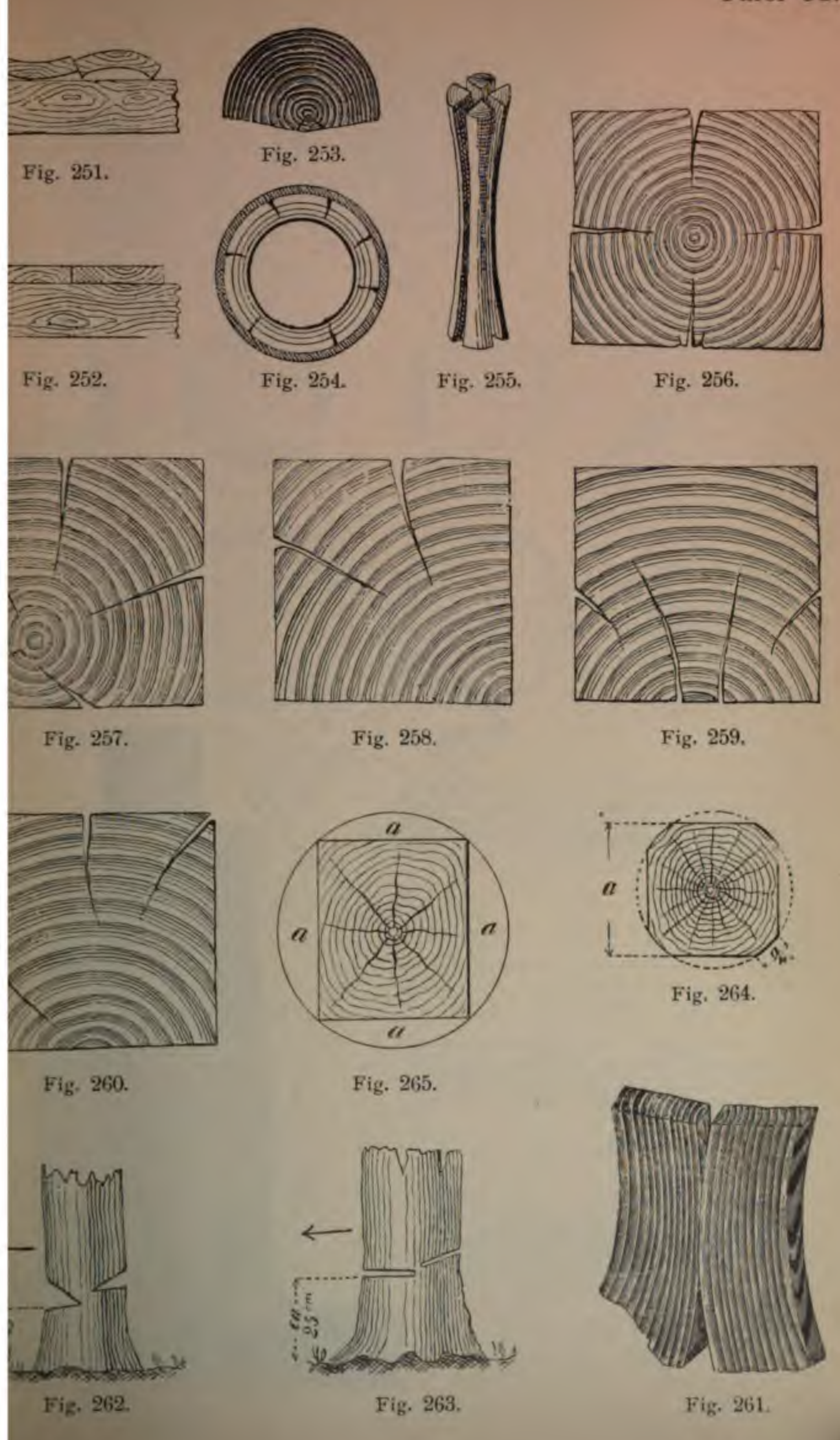
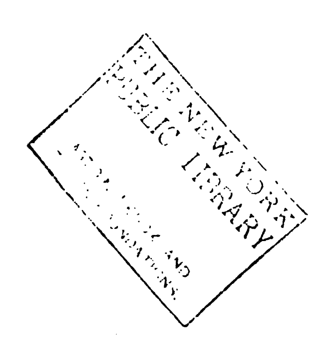


Fig. 251. Fig. 252. Fig. 253. Fig. 254. Fig. 255. Fig. 256. Fig. 257. Fig. 258. Fig. 259. Fig. 260. Fig. 261. Fig. 262. Fig. 263. Fig. 264. Fig. 265.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

a a a a

Fig. 266.

a a a a

Fig. 267.

Fig. 268.

Fig. 269.

Fig. 270.

Fig. 271.

Fig. 275.

Fig. 272.

Fig. 273.

Herzdiele

Fig. 274.

C D F B A G

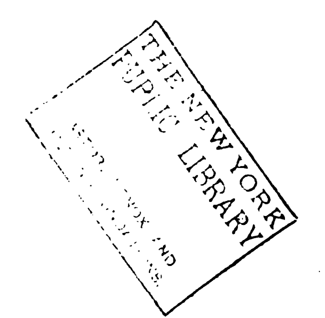
Fig. 276.

D B A G D C E

Fig. 277.

I I II II III IV IV V V VI

Fig. 278.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

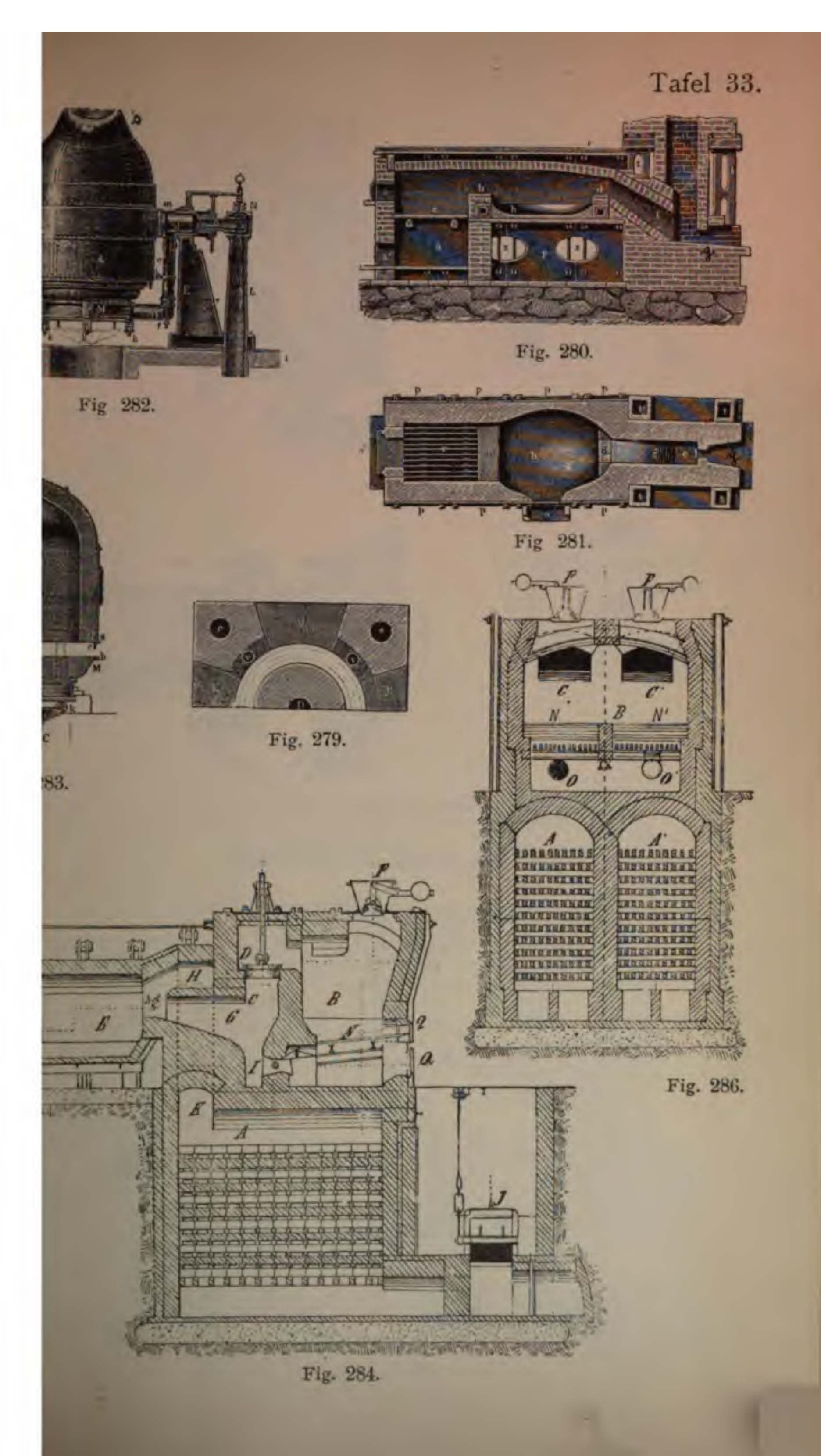


Fig 282.

Fig. 280.

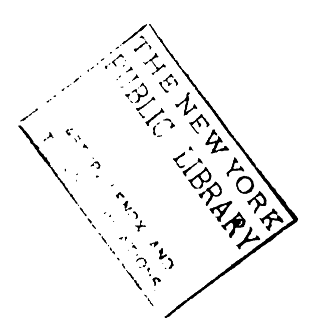
Fig 281.

Fig. 279.

83.

Fig. 286.

Fig. 284.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

Tafel 34.

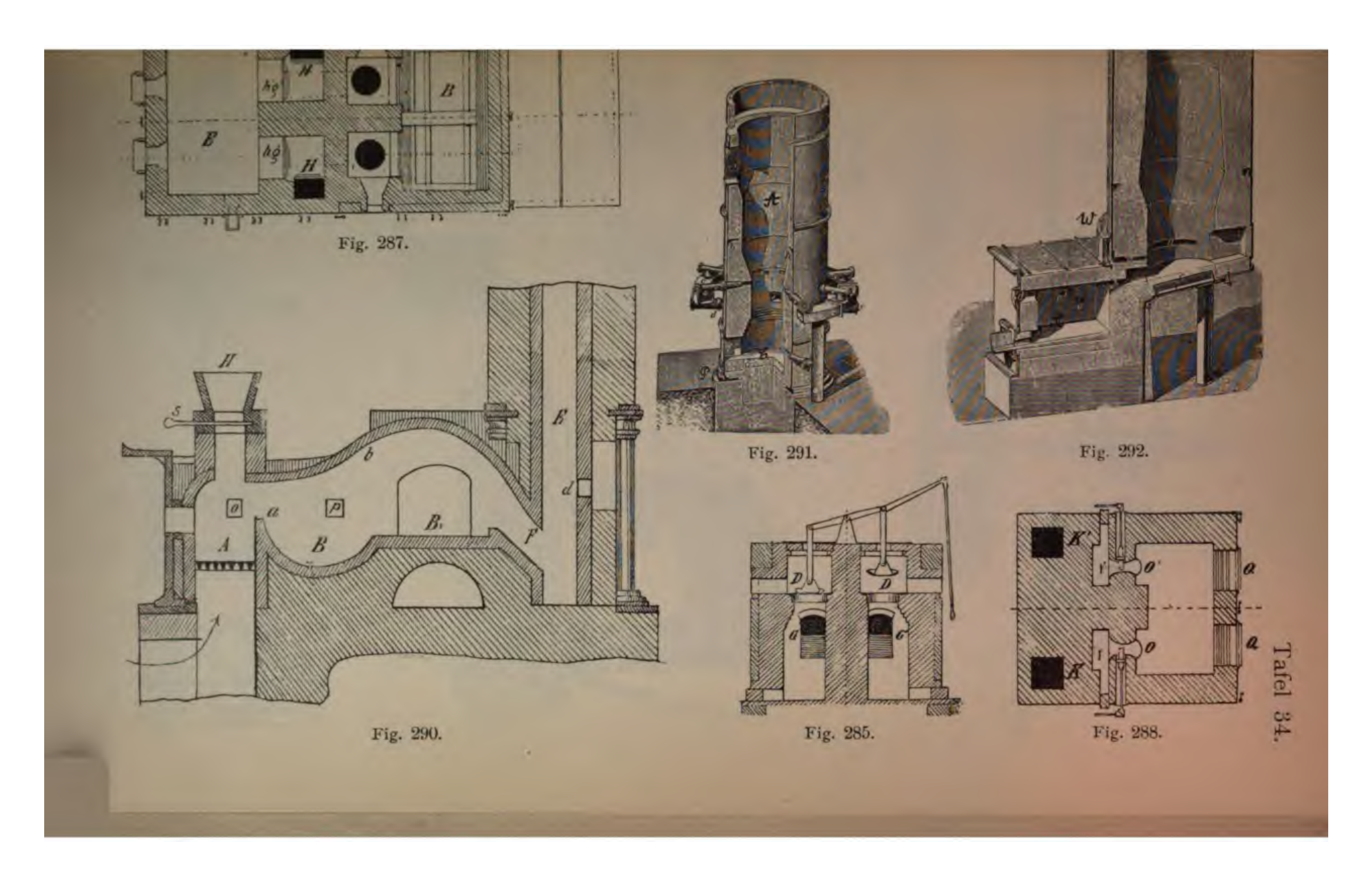


Fig. 287.

Fig. 291.

Fig. 292.

Fig. 290.

Fig. 285.

Fig. 288.



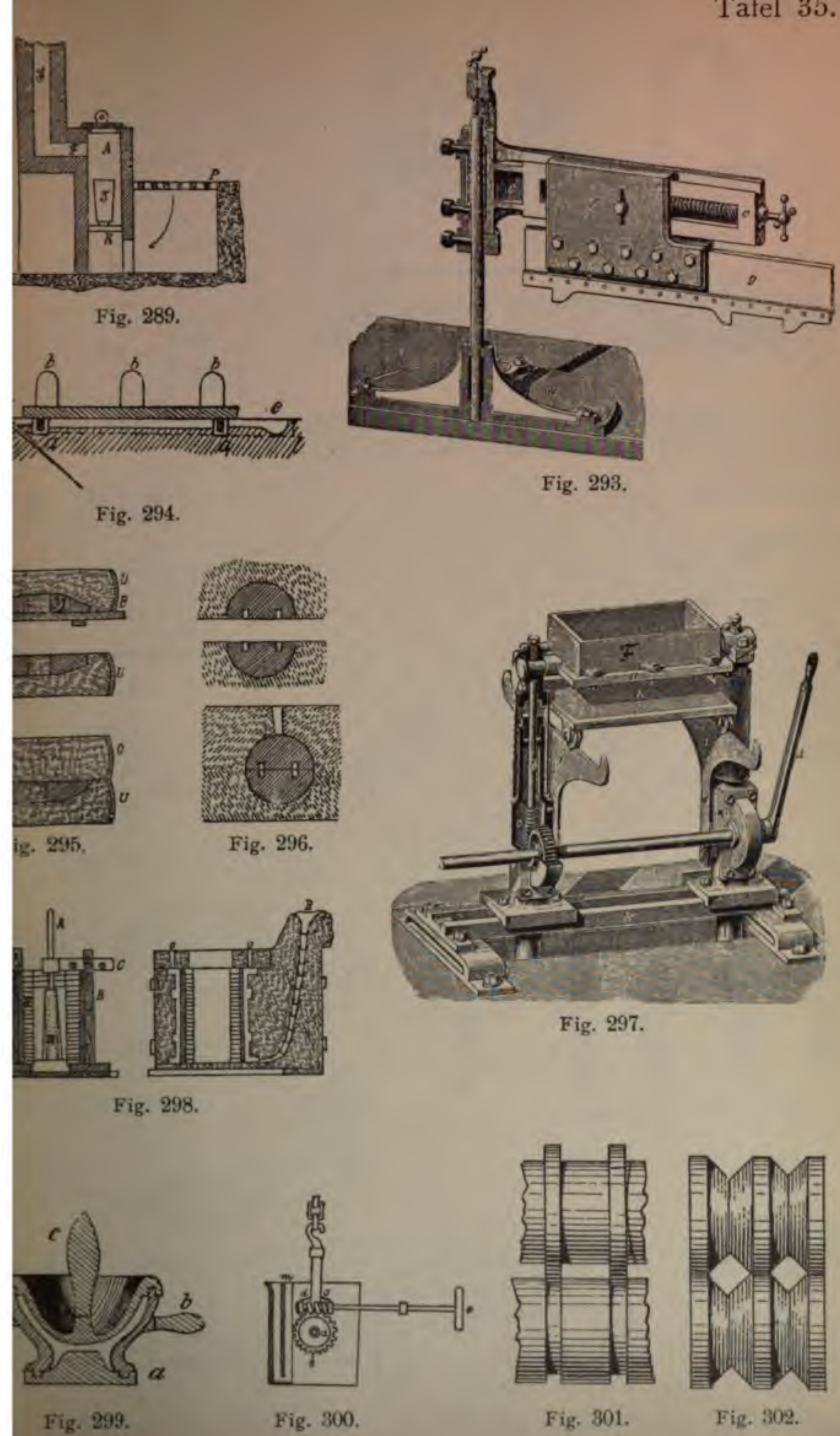


Fig. 289.

Fig. 293.

Fig. 294.

ig. 295.

Fig. 296.

Fig. 297.

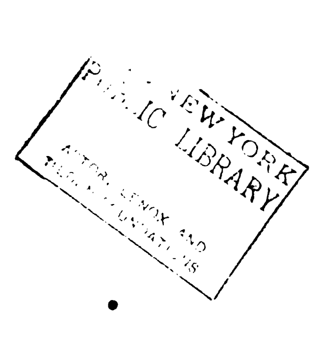
Fig. 298.

Fig. 299.

Fig. 300.

Fig. 301.

Fig. 302.


NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

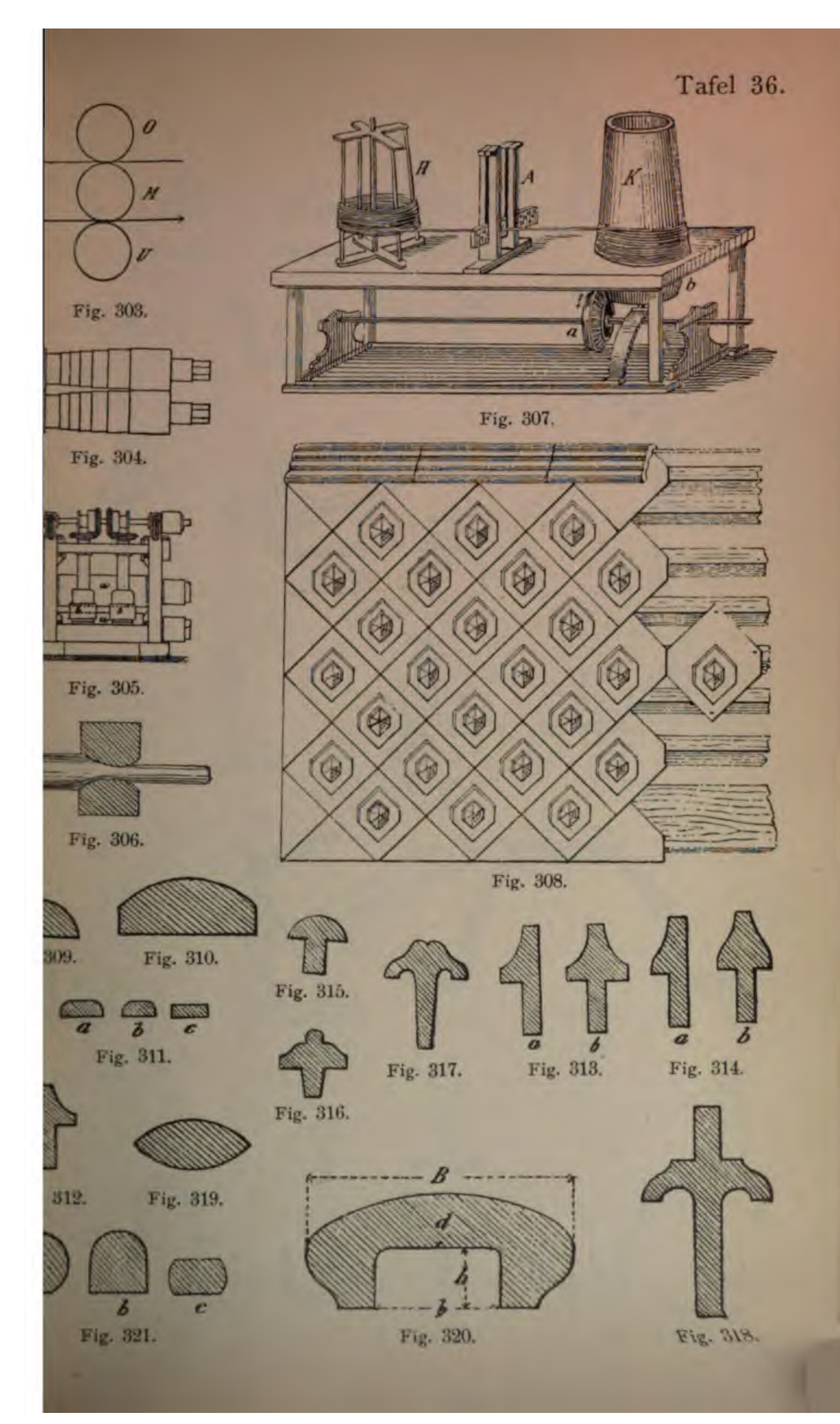
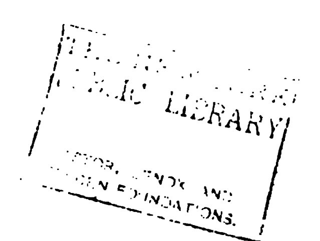


Fig. 303. Fig. 304. Fig. 305. Fig. 306. Fig. 307. Fig. 308. 309. Fig. 310. Fig. 311. 312. Fig. 319. Fig. 321. Fig. 315. Fig. 316. Fig. 317. Fig. 313. Fig. 314. Fig. 320. Fig. 318.



HANDBUCH

DER

BAUSTOFFLEHRE.

ZWEITER BAND.

HANDBUCH

DER

BAUSTOFFLEHRE.

FÜR ARCHITEKTEN, INGENIEURE
UND GEWERBETREIBENDE SOWIE FÜR SCHÜLER
TECHNISCHER LEHRANSTALTEN

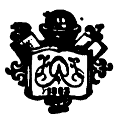
BEARBEITET

VON

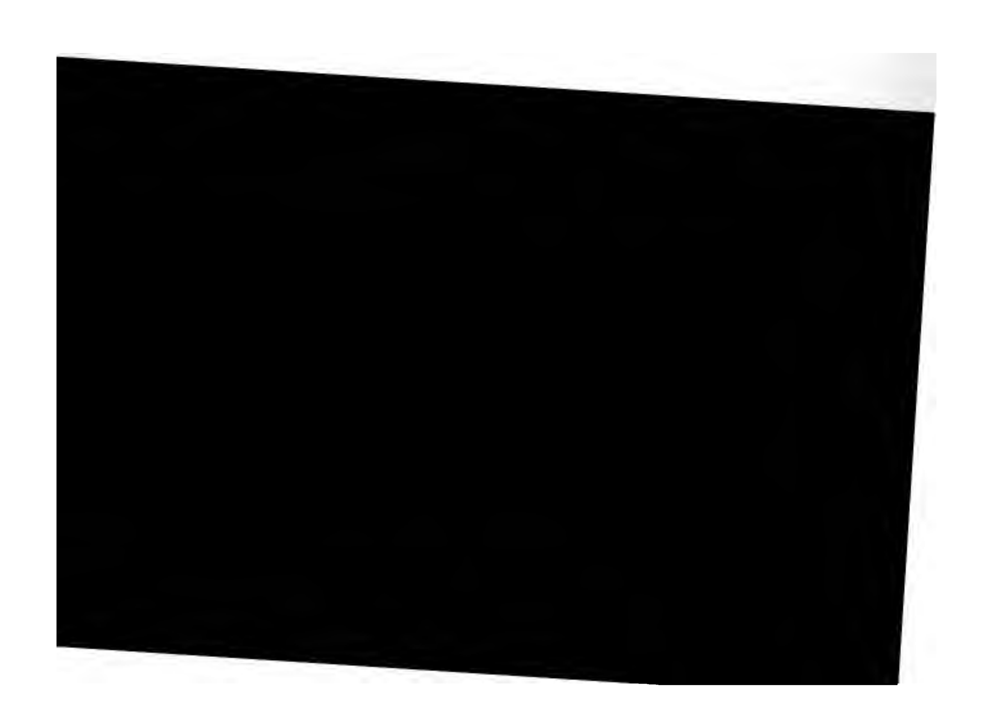
RICHARD KRÜGER.

IN ZWEI BÄNDEN MIT 443 ABBILDUNGEN.

ZWEITER BAND.



WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG
1899.



Inhalts-Verzeichniss des zweiten Bandes.

ZWEITER THEIL.

Die Verbindungsstoffe.

Zweites Capitel.

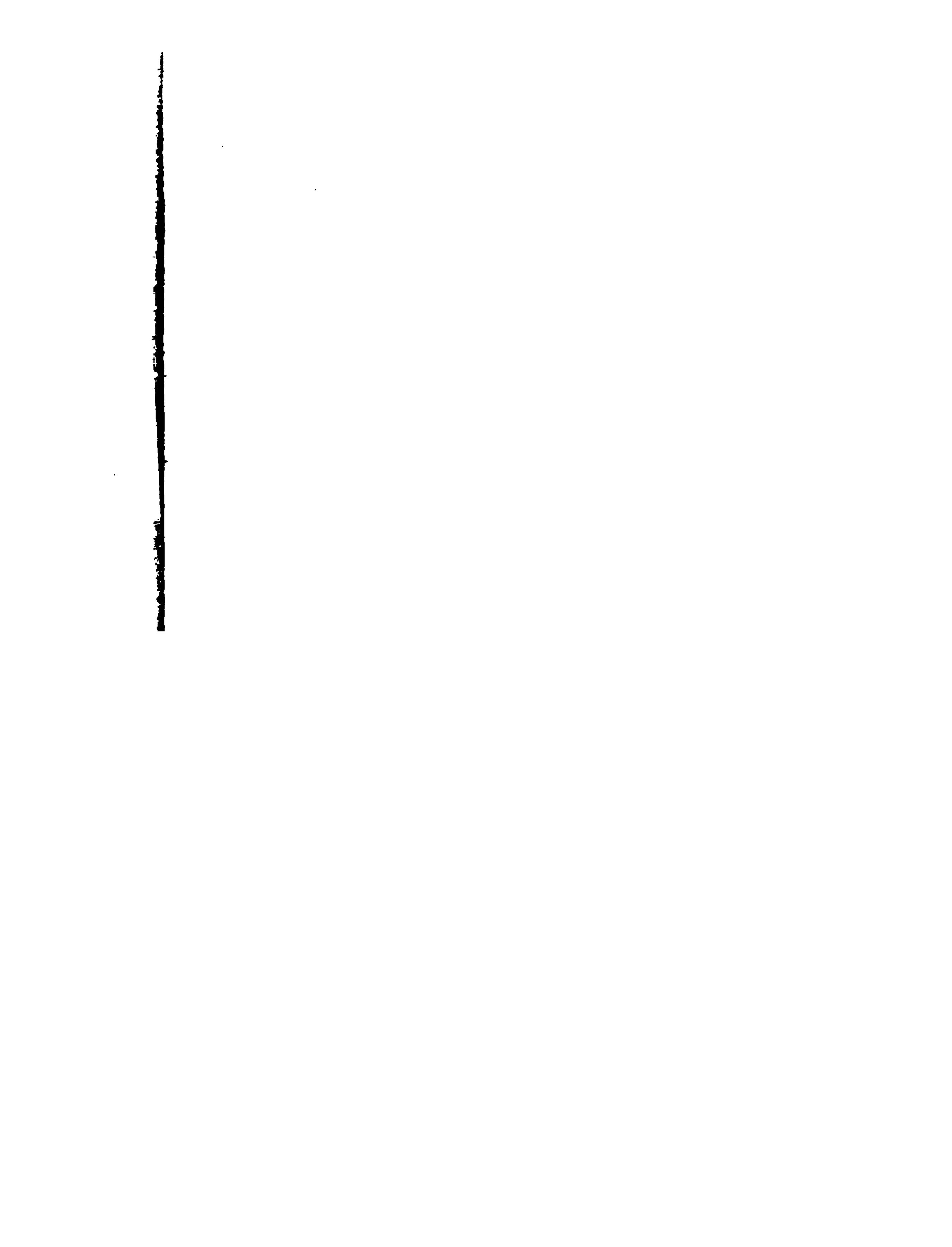
Asphalt und Kitte.

DRITTER THEIL.

Die Neben- oder Hilfsstoffe.

Erstes Capitel.

Das Glas und das Wasserglas.



ZWEITER THEIL.
Die Verbindungsstoffe.

§ 189. Erklärung.

Unter Verbindungsstoffen versteht man teigartige, knetbare, in kürzerer er längerer Zeit erhärtende Massen, welche die Fähigkeiten besitzen, an genständen fest zu haften und einzelne Körper gleicher oder verschiedener t, theils durch ihre Adhäsionskraft, theils auch dadurch, dass sie mit ı Körpern eine chemische Verbindung eingehen, zu einem Ganzen zu 'einigen.

In der Technik rechnet man zu den Verbindungsstoffen: die Mörtel, ı Asphalt und die Kitte.

In den nachfolgenden Paragraphen sollen nicht nur diese, sondern :h diejenigen künstlichen Baustoffe besprochen werden, welche der Haupt-:he nach aus diesen Verbindungsstoffen hergestellt werden und nicht 'eits im Vorhergehenden zur Besprechung gelangten.

Erstes Capitel.
Die Mörtel.*)

§ 190. Eintheilung.

Die Mörtel dienen als Bindemittel bei Herstellung von Mauerwerk und n Verputzen, sowie zur Bereitung künstlicher Baustoffe.

Man unterscheidet hauptsächlich zwei Arten von Mörteln, nämlich ft- und Wassermörtel. Die Luftmörtel erhärten nur an der Luft, nicht :r unter Wasser. Zu ihnen gehören: Lehmmörtel, Kalkmörtel und

*) Benutzte Werke: Gottgetreu, »Baumaterialien«, Berlin 1881, 3. Aufl. II, S. 227—387. — F. Fischer, »Handbuch der chemischen Technologie«, pzig 1883. — W. Michaelis, »Die hydraulischen Mörtel u. s. w.«, Leipzig 1869. Derselbe, »Zur Beurtheilung des Cementes«, Berlin 1876. — »Handbuch der chitektur«, Darmstadt 1895, Th. I, Bd. I, S. 126—187. — F. Neumann, »Kalk, ›s, Cement«, Weimar 1886, 5. Aufl. — Hüttmann, »Der Gypser als Cementirer, ıcher und Stuccateur«, Weimar 1886. — Dr. Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, pzig 1883, 4. Aufl. — Ed. Uhlenhuth, »Anleitung zum Formen und Giessen«, en 1886, 2. Aufl. — »Der Portlandcement und seine Anwendung im uwesen«, Berlin 1892. (Im Auftrage des »Vereines Deutscher Portlandcement-›rikanten« bearbeitet). — Viele Zeitschriften (im Text vermerkt), Patentschriften und ›schüren von Fabrikanten, — u. s. w.

Gypsmörtel. Die Wassermörtel dagegen besitzen die Fähigkeit, sowohl an der Luft, als auch unter Wasser fest zu werden. Man rechnet zu ihnen: den Kalkmörtel mit hydraulischen Zuschlägen, den Mörtel aus hydraulischen Kalken, den Schlacken-, Roman- und Portlandcement und den gemischten Cement.

Als einzigen feuerbeständigen Mörtel hat man den sogenannten Chamottemörtel mit seinen Abarten.

A. Die Luftmörtel.

§ 191.

I. Der Lehmmörtel.

Bestandtheile. Zur Bereitung von Lehmmörtel verwendet man einen mittelfetten Lehm, welcher sich mit Wasser leicht zu einem mässig dicken und gleichmässigen Brei verarbeiten lässt. Zu fetter Lehm (plastischer Thon) ist hierzu weniger geeignet, weil er sich schwerer bearbeiten lässt, langsamer austrocknet und nach seiner Erhärtung Risse bekommt; zu magerer Lehm besitzt eine ungenügende Bindekraft.

Des besseren Zusammenhanges wegen vermengt man den Lehmbrei zu verschiedenen technischen Ausführungen mit kleingeschnittenem Stroh (Häcksel), Heu, Moos, oder mit den beim Brechen des Flachses abfallenden holzigen Theilen (Flachsschäbe oder Ange), auch mit Kälberhaaren u. s. w. und tränkt ihn mit Theergalle, dem beim Theerschwelen zuerst abfliessenden Wasser, oder mit Rindsblut. Enthält der Lehmbrei die zuerst genannten Stoffe, so wird er mit Strohlehm bezeichnet.

Eigenschaften. Lehmmörtel wird vom Wasser aufgeweicht, widersteht aber dem Feuer. Er ist ein schlechter Wärmeleiter und besitzt nur eine geringe Druckfestigkeit.

Verwendung. Man benutzt den Lehm, namentlich den gereinigten, geschlämmten und erforderlichenfalls entfetteten, wegen seiner Billigeit gern als Mörtel zu Feuerungsanlagen (Herden, Oefen, Schornsteinen) an Stelle

en, meistens dreieckigen Nuthen versehen und in dieselben etwa 5 *cm* ke, beiderseits zugespitzte Hölzer geschoben, welche entweder vorher oder h dem Einstecken mit Strohlehm umwickelt oder in geringen Abständen einander angeordnet mit Strohlehm beiderseits verkleidet oder in sseren Abständen gesetzt mit Weidenruthen oder etwa $2^1/_2$ *cm* dicken ben durchflochten und dann mit Strohlehm verstrichen werden.

2. Zu Dacheindeckungen in Form von Lehmschindeln.

3. Zur Bereitung von Lehmziegeln und Lehmpatzen (siehe § 95).

4. Zu Estrichen (besonders für Scheunentennen), indem man den ohlehm mit Theergalle oder Rindsblut (1 Eimer auf etwa 5 m^2 che) tränkt, auch mit Hammerschlag vermischt 40—45 *cm* hoch schüttet, einebnet, gut zusammenstampft und alle entstehenden Risse zu- lägt. Derartige Estriche werden sehr hart, sind dauerhaft, widerstehen haltender Nässe und sind so fest, dass schwerbeladene Fuhrwerke auf en keine Spuren hinterlassen.

5. Zu Stampfbauten (Pisémauern). Man fertigt dieselben meistens folgender Weise. Auf ein entsprechend hergestelltes Fundament, welches Lehmwand gegen die Einwirkung aufsteigender (Grund-) Feuchtigkeit ützen soll und deswegen zweckmässig mit einer Isolirschicht oben abzu- ken ist, stellt man starke Bohlen auf, die durch Querriegel in ihrer Lage alten werden. Zwischen diese Bohlen wirft man dann die, am besten mit s vermengte, breiartige Lehmmasse und stampft sie oder tritt sie mit kten Füssen fest. Zum Schutze gegen Schlagregen erhalten diese Wände en Putzüberzug oder eine Verkleidung mit Backsteinen oder Dachpappe, lche auf eingelegte Holzdübel befestigt wird, u. s. w., auch ordnet man it überstehende Dächer an. Lehm-Piséwände sind feuersicher, dauerhaft, hlfeil, sehr schnell und einfach herzustellen und eignen sich besonders für ine ländliche Wirthschafts- und Wohngebäude, weniger jedoch für Stallungen.

Noch zu erwähnen ist der **Lehm-Sirup-Mörtel,** eine aus Lehm (oder on) und Zuckerrübensirup (Melasse) zusammengesetzte Masse, die sich h einer Mittheilung der »Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung« (Jahr- g 1887) sowohl für Feuerungsanlagen als auch zur Umhüllung von mpfleitungsröhren gut bewährt haben soll. Beim Glühen des Lehm-Sirup- rtels erfolgt zunächst eine Verkohlung des in ihm enthaltenen Zuckers, nn allmälige Verbrennung des Kohlenstoffes und endlich Sinterung des hmes durch die sich in der Melasse vorfindenden Salze (Kali, Natronsalze, lksalze u. s. w.). Der Mörtel wird aus pulverisirtem oder doch möglichst zerkleinertem Lehm (oder Thon) und Sirup bereitet, der zu einem Drittel er zur Hälfte mit heissem Wasser innig vermischt wird. Die Umhüllung Dampfrohrleitungen geschieht am besten in der Weise, dass man ge- htene Strohseile durch einen ziemlich steifen Lehm-Sirup-Mörtel zieht er mit demselben möglichst gut imprägnirt und sie darauf sofort um die hre legt. Durch Einlassen des Dampfes in die Leitung wird ein schnelles ocknen der Mörtelmasse erzielt. Ueber die Strohseile bringt man nach n Trocknen 1—3 Ueberzüge von Lehmsirup und, sobald der letzte ge- cknet ist, noch einen oder mehrere Anstriche von verdünntem Sirup. rch die Hitze des Dampfes wird eine allmälige Verkohlung des Strohes beigeführt, durch welche in der Rohrumhüllung kleine Hohlräume ent- hen, welche als schlechte Wärmeleiter wirken.

II. Der Kalkmörtel.

§ 192. Einleitung.

Bestandtheile. Man erhält Kalkmörtel, wenn man kohlensauren Kalk brennt, in Wasser löscht und mit Sand vermischt.

Beschaffenheit der Kalksteine. Zur Mörtelbereitung lassen sich alle krystallinisch-körnigen, dichten oder porösen Kalksteine verwenden, welche beim Löschen unter Wärmeentwickelung und Volumenvermehrung zu einem mehlartigen Pulver zerfallen. Vorzugsweise benutzt man Kalksteine aus der Muschelformation (z. B. den harzer und den westphälischen Schaumkalk, den Muschelkalk von Rüdersdorf bei Berlin, die thüringischen, rheinischen, schlesischen u. s. w. Muschelkalksteine), ferner aus der Liasformation und Juraformation (z. B. die Kalksteine aus süddeutschen Gebirgen), aus der Kreideformation (z. B. den braunschweigischen, sächsischen und böhmischen Plänerkalk, die weisse Kreide von der Insel Rügen, den Grobkalk aus dem Mainzer Becken und aus böhmischen Gebirgen u. s. w.), auch Kalktuff und Wiesenkalk und endich (z. B. in Holland) Schalen von Muscheln, Austern und anderen Konchylien. Der aus Muschelschalen u. s. w. gewonnene Kalk enthält zwar etwas Phosphorsäure, die jedoch die Güte des Luftmörtels nicht beeinträchtigt. Zu den mageren Kalken, die auch hydraulische Eigenschaften besitzen, gehört der schwarze Kalk, welcher aus thonhaltigem, bituminösem Kalkstein besteht und ebenfalls zur Mörtelbereitung Verwendung findet. Marmor und Kalkspathkrystalle werden ihrer Kostbarkeit wegen nur dann gebrannt, wenn man ganz reinen Kalk (Calciumoxyd, bestehend aus 100 Theilen Calcium und 39·86 Theilen Sauerstoff) erhalten will.

Besitzen die Kalksteine mehr als 90% kohlensauren Kalk, so sind sie zur Mörtelbereitung vorzüglich geeignet; sie geben einen sehr fetten Kalk und zerfallen beim Löschen in ein zartes Pulver. Noch gut brauchbar sind Kalksteine mit ca. 80% kohlensaurem Kalk; sie liefern den sogenannten mageren Kalk. Ist der Gehalt an kohlensaurem Kalk aber geringer, enthält ein Kalkstein in ungebranntem Zustande bei gleichmässig feiner Structur mehr als etwa 18% in Salzsäure unlösliche Bestandtheile, so ist er zur Bereitung von Luftmörtel nicht tauglich, man kann ihn jedoch noch zur Herstellung von Cementen verwenden. Solche, mit Thon, Sand u. s. w. stark verunreinigten Kalksteine löschen sich gebrannt nicht mehr zu Pulver. Besitzt ein Kalkstein Eisen, Mangan, Magnesia und Alkalien in grösseren Mengen, so ist er zur Luftmörtel-Bereitung ebenfalls nicht brauchbar; ein geringer Gehalt an diesen Stoffen schadet jedoch nicht.

Um den Gehalt eines Kalksteines an kohlensaurem Kalk, Eisenoxyd und Magnesia zu ermitteln, löst man zunächst kleine Stücke des Steines in verdünnter und erwärmter Salpetersäure auf. Man erhält dann bei den zur Mörtelbereitung geeigneten Kalksteinen nur einen geringen Rückstand. Die erhaltene Lösung dampft man hierauf ein, nimmt in Wasser auf, versetzt mit Salmiak und fällt aus der heissen Lösung das Eisen durch Ammoniak heraus. Wird nun diese ammoniakalische und von Eisenoxyd durch Filtrirung befreite Lösung weiter mit oxalsaurem Ammoniak behandelt, so entsteht als Niederschlag oxalsaurer Kalk. Derselbe wird abfiltrirt, gut gewaschen, getrocknet, geglüht und als Calciumoxyd gewogen. Behandelt man endlich die Lösung mit phosphorsaurem Natron, so wird dadurch die Magnesia gefällt.

§ 193. Das Brennen des Kalkes.

Allgemeines. Beim Brennen verliert der kohlensaure Kalk zunächst das chemisch gebundene und das von seiner natürlichen Bruchfeuchtigkeit herrührende Wasser; bei einer Temperatur von 600—800° *C.* giebt er die Kohlensäure ab und wird dadurch zu Aetzkalk (Calciumoxyd) reducirt. Entweicht die Kohlensäure nicht vollständig, so entsteht ein halbkohlensaurer Kalk, welcher beim Begiessen mit Wasser nicht zu Pulver zerfällt, sondern im Gegentheil an Härte zunimmt und selbst durch wiederholtes Brennen nicht die Fähigkeit erlangt, bei Einwirkung des Wassers zu zerfallen.

Wird ein durch Thon, Kieselerde, Eisen, Magnesia, Bitumen, Kohle u. s. w. verunreinigter Kalkstein gebrannt, so verliert er dadurch seine organischen Bestandtheile (z. B. Bitumen und Kohle), während das in ihm enthaltene Eisenoxydul in Eisenoxyd, das Manganoxydul in Manganoxyd verwandelt, das Magnesia und der Kalk der Kohlensäure beraubt und der hierdurch entstehende Aetzkalk bei genügender Brennhitze mit der vorhandenen Kieselsäure chemisch verbunden wird. Oder aber es wirkt der Aetzkalk zersetzend auf die kieselsaure Thonerde ein und bildet mit dieser ein zusammensinterndes und bei noch höherer Temperatur schmelzendes Doppelsilicat. Sind jedoch Kieselsäure, Thonerde und Alkalien in einem ganz bestimmten Procentsatze im Kalksteine vorhanden, so erhält man beim Brennen des letzteren Cement (siehe daselbst). —

Damit ein leichteres Durchbrennen des Kalksteines erzielt wird und nicht im Inneren kohlensaurer Kalk zurückbleibt, muss der Stein in Stücke von 10—15 *cm* Dicke zerschlagen werden. Zu kleine Stücke lassen sich in dem Brennofen nicht so aufeinanderpacken, dass genügende Zwischenräume für den Durchzug der Flamme verbleiben. Poröse Steine brennen sich leichter als dichte und krystallinische, ferner unmittelbar aus dem Steinbruch kommende, also noch bruchfeuchte, leichter als ausgetrocknete. Gottgetreu empfiehlt desshalb, beim Brennen von trockenen Kalksteinen die Aschenfälle mit Wasser zu füllen, das dann zum Theil durch die Ofenglut, zum Theil durch hineinfallende glühende Asche verdampft und vom Zuge in den Ofen geführt wird. Andere schlagen vor, zur Erleichterung des Brennens Wasserdämpfe über den erhitzten Kalk zu leiten oder mit nicht vollständig trockenem Holze zu feuern, beziehungsweise die Steinkohle vor dem Brande anzunässen u. s. w. Jedenfalls dürfte es sich empfehlen, den Kalkstein vor dem Brennen längere Zeit zu lagern und anzunässen.

Wenn das Brennen bei einer zu hohen Temperatur erfolgt, so tritt eine Sinterung des Kalkes ein, besonders bei vorhandener Verunreinigung desselben mit Thon; der Kalk wird todtgebrannt und löscht dann mit Wasser nur sehr schwer oder gar nicht, auch enthält er in seinem Inneren noch häufig kohlensauren Kalk, weil die Kohlensäure durch die bei der Sinterung sich bildende harte Rinde am Entweichen gehindert wird. Nur sehr reiner Kalk (wie z. B. weisser Marmor), auch solcher, der nur durch kohlensaure Magnesia verunreinigt ist, kann stark geglüht werden, ohne dass er sintert, schmilzt oder todtbrennt.

Ist die Temperatur eine zu niedrige oder werden zu dicke Kalksteinstücke geglüht oder ist der Zug im Ofen nicht so stark, dass die frei

werdende Kohlensäure ungehindert fortgeführt wird, so bleibt im Inneren des Kalksteinstückes kohlensaurer Kalk übrig, der nicht mit Wasser gelöscht werden kann. Derartiger ungarer Kalk ist ebenfalls zur Mörtelbereitung nicht verwendbar.

Es empfiehlt sich, das Brennen bei geringerer Temperatur zu beginnen und die Hitze allmälig zu steigern, weil dann die Kohlensäure am vollkommensten aus den Steinen entfernt wird.

Meiler, Gruben, Feldöfen. Das Brennen geschieht in Meilern, Gruben, Feldöfen oder Kalköfen der verschiedensten Construction.

Die **Meiler** werden auf einem ebenen und trockenen Platze oft in der Weise angelegt, dass man eine etwa 1 *m* tiefe, meistens cylindrische, als Heizcanal dienende Grube aushebt, dieselbe mit grösseren Kalksteinstücken so überwölbt, dass die Flamme frei durchspielen kann, und darüber abwechselnde Lagen von Kalkstein und Brennstoff (gewöhnlich Steinkohlenklein) aufschichtet, so dass ein Kegel entsteht. Dieser wird aussen mit einer Lage feuchten Lehmes bekleidet.

In ähnlicher Weise werden die **Gruben** hergestellt. Man gräbt sie in verschiedenen Abmessungen aus einem Hügelabhange aus und bekleidet ihre Wände mit Lehm oder feuerbeständigen (Chamotte-)Steinen. Auf ihrem Boden bildet man dann in ganzer Tiefe einen 30—60 *cm* breiten und ebenso hohen Heizcanal aus grösseren Kalksteinstücken und überwölbt denselben locker mit Kalksteinen. Dann werden die übrigen Kalksteinstücke mit für den Durchzug der Flamme genügenden Zwischenräumen aufgeschichtet, mit kleingeschlagenen Steinkohlen oder Coaks bedeckt u. s. w.

Bei beiden Einrichtungen, Meilern wie Gruben, erfolgt das Anfeuern mit klein gespaltenem Holz oder Reisig. Bei den Gruben wird meistens Holz als Brennstoff verwendet. Man feuert anfangs gelinde, dann stärker, und unterhält das Feuer so lange, bis der Kalk gargebrannt ist, was gewöhnlich nach 3—4 Tagen der Fall zu sein pflegt. Während des Betriebes werden an der Windseite Strohmatten aufgestellt, um eine Störung des Brandes zu verhüten.

Der **Feldofen** besteht gewöhnlich aus einem, in einen Hügel ein-

ersteren wird nach beendetem Brand und erfolgter Abkühlung der gebrannte Kalk ganz entfernt und die Beschickung sofort oder nach einiger Zeit erneuert, während bei den Oefen mit ununterbrochenem Betrieb von Zeit zu Zeit eine theilweise Entleerung stattfindet, worauf jedesmal ebenso viel ungebrannter Kalk aufgegeben wird. Ferner unterscheidet man Oefen mit kurzer Flamme, in welche die Kalksteinstücke und der Brennstoff in abwechselnden Schichten eingebracht werden, und solche mit langer Flamme, in denen der Kalk nur mit den Verbrennungsgasen, nicht aber mit dem Brennstoff selbst in Berührung kommt. Als Brennstoff verwendet man Torf, Holz, Steinkohle, Coaks und Gas.

Für periodischen Betrieb eignen sich namentlich liegende Kalköfen, Figur 359—361 (aus Gottgetreu, a. a. O., S. 241). Sie erhalten einen viereckigen Grundriss von 3—4 *m* Breite und 5—6 *m* Länge, sowie eine Höhe von 3—3$^1/_2$ *m* und werden aus Bruch- oder Ziegelsteinen erbaut, im Innern jedoch mit feuerbeständigen (Chamotte-)Steinen bekleidet. Der Ofenraum *A* ist mit einem flachen Chamottesteingewölbe *B* überdeckt, in dem sich eine Anzahl Zuglöcher in gleichen Abständen befinden, welche zur Regelung des Feuers durch Thonplatten ganz oder theilweise geschlossen werden können. Ueber dem flachen Gewölbe befindet sich noch ein halbkreisförmiges Gewölbe, welches zur Abführung von Rauch, Dämpfen und Gasen (Kohlensäure) einen Schornstein *C* trägt. Auch die Feuercanäle sind aus feuerbeständigen Steinen hergestellt. Gewöhnlich legt man zwei Kammern nebeneinander an und giebt ihnen dann eine gemeinschaftliche Schürkammer. Die Schüröffnungen (gewöhnlich drei an der Zahl) erhalten einen Rost und Aschenfall *a*; von ihnen aus werden durch die ganze Tiefe des Ofens kleine Gewölbe aus Kalksteinstücken angelegt. Der Schürkammer gegenüber liegt die Oeffnung *b* zum Beschicken und Entleeren des Ofens, die während des Brandes mit Chamottesteinen geschlossen gehalten wird. Von seitwärts angebrachten Oeffnungen *c* aus, die vor Beginn der Feuerung ebenfalls zu verschliessen sind, werden die Kalksteinstücke auf die kleinen Gewölbe aufgepackt bis zur vollständigen Füllung des Ofenraumes. In diesem Ofen dauert ein Brand in der Regel 1$^1/_2$—2 Tage.

Einen anderen Kalkofen für periodischen Betrieb und mit kurzer Flamme zeigen die Figuren 362 und 363. Dieser Ofen, Kessel-, Trichter-, Schneller- oder Fixofen genannt, hat eine grosse Verbreitung gefunden und ist in den verschiedensten Abmessungen erbaut worden. Er besitzt einen ellipsoidischen Schacht aus feuerbeständigen Steinen, welcher mit Bruch- oder Ziegelsteinen ummauert und meistens auch noch durch eine um den Schachtmantel gelegte Aschenschicht u. dergl. isolirt wird. Unter dem Schacht befindet sich bei Steinkohlen- oder Coaksfeuerung ein Rost *C* und Aschenfall *E*; bei Holz- oder Torffeuerung sind dieselben entbehrlich. Das Feuern erfolgt vom Vorraume *A* aus durch die Schüröffnung *B*. Ueber dem Rost wird ein kleines Gewölbe mit Kalksteinstücken hergestellt und auf dasselbe von der Gicht (*K*) aus die zu brennenden Kalksteine mit dem Brennstoffe in abwechselnden Lagen eingebracht. In die Mitte des Ofens wird häufig eine Holzstange eingesetzt, um nach dem Verbrennen derselben eine gute Zugöffnung zu erhalten.

Man kann diese Oefen auch mit langer Flamme einrichten, wie dies meistens im Harz geschieht, und ihren Betrieb zu einem ununterbrochenen

machen durch zeitweiliges Abziehen der unteren gar gebrannten Schicht und Aufbringen einer neuen Schicht an der Gicht.

Für periodischen Betrieb dient auch der vielfach im Grossherzogthum Hessen ausgeführte Ofen von Fink in Darmstadt, der einen eiförmigen Schacht mit sattelförmiger Sohle aus Backsteinen besitzt, welche Oeffnungen für den Durchgang des Feuers enthält. Unter dieser Sohle liegen die Feuerungen mit Rost und Aschenfall. Durch den Sattel wird der Aufbau eines Feuergewölbes aus ungebrannten Kalksteinstücken über dem Rost erspart und die Arbeit der Beschickung des Ofens wesentlich erleichtert. Der Zug im Ofen wird durch einen an Ketten hängenden, auf- und niederzulassenden Deckel von Eisenblech geregelt. Ist der Brand beendet, so wird dieser Deckel ganz niedergelassen und mit Sand gedichtet.

Noch zu erwähnen ist der periodische Ofen von Heeren, welcher vier Feuerungen enthält, die gleichmässig um den Ofen, und zwar ausserhalb des birnförmigen Schachtes in gleicher Höhe mit dessen Sohle vertheilt sind. Der Schacht ist oben mit einem Gewölbe überdeckt, welches Zugöffnungen besitzt, und über demselben ein spitz zulaufender Mantel angeordnet.

Für continuirlichen Betrieb eignet sich vorzugsweise der Schachtofen von Otto Bock in Berlin, der Rüdersdorfer Kalkofen, der Ofen von Dietsch (D. R. P. Nr. 23919), der bereits im § 92 eingehend besprochene Ringofen von Hoffmann und Licht, der Ofen von J. Hoffmann in Döbeln u. s. w.

Der Bock'sche Schachtofen ist für kleinere Leistungen (für circa 2000—3000 *kg* gebrannten Kalk pro Tag) sehr empfehlenswerth. Der Hauptvorzug desselben gegenüber den anderen continuirlichen Oefen besteht darin, dass sich die Arbeiter nicht in heissen Räumen aufzuhalten brauchen, weil sowohl das Einbringen des Kalksteines, als auch das Abziehen der gargebrannten Ware von aussen geschieht. Ferner braucht der Ofen während der ganzen Nacht keine Bedienung, sondern brennt, wenn er abends gefüllt ist, zwölf Stunden ohne Störung weiter. Endlich lassen sich sehr geringwerthige Brennstoffe, z. B. der Kohlenabfall von Locomotiven, verwenden. Steht ein derartiger Brennstoff nicht zur Verfügung, so wählt man zweck-

Der Rüdersdorfer Kalkofen zeichnet sich durch geringen Wärme-
brauch und grosse Leistungsfähigkeit aus; seine Herstellung ist aber sehr
tspielig und deshalb nur da zu empfehlen, wo es sich darum handelt,
eutende Kalkmassen in möglichst kurzer Zeit garzubrennen. Die Figuren
und 368 zeigen diesen Ofen im Grundriss und Querschnitt. Der Schacht
ses Ofens ist kreisförmig. Derselbe misst von der Gicht *E* bis zu den
ierungen *b* 12 *m* und von diesen bis zur Sohle *C* 2·2 *m*. Er ist oben
5 *m*, an der Einmündung der Feuercanäle 2·5 *m* und an der Sohle wieder
5 *m* weit, verengt sich also nach oben (zur Gicht) und nach unten (zur
st *D*) und stellt demnach einen Doppel-Kegelstumpf dar. Bis zu 10 *m*
he über der Sohle ist der Schacht innen mit Chamottesteinen ausgekleidet.
ischen der innersten Mauer und der aus Bruchsteinen (auf den königlichen
lkwerken zu Rüdersdorf bei Berlin aus rohen Kalksteinen) bestehenden
fassungswand ist ein Zwischenraum, welcher mit einem schlechten Wärme-
er (Asche) ausgefüllt, angeordnet, damit bei der ungleichen Ausdehnung
Schacht- und Umfassungsmauer Risse und Sprünge in diesem vermieden
den und die Wärme besser zusammengehalten wird. Den sechsseitigen Kalk-
n umgiebt ein sechsseitiges Umfassungsgebäude mit vier Geschossen, die durch
ppengewölbe überdeckt sind. Die im untersten Geschosse liegenden Räume
nen zum Abziehen des gargebrannten Kalkes und zur Aufbewahrung des-
en. Das Entleeren des Ofenschachtes erfolgt durch die Oeffnungen *a*,
che eine geneigte Bodenfläche besitzen, um das Nachrutschen des Kalkes
erleichtern, und während des Brandes mit eisernen Thüren verschlossen
alten werden. In gleicher Weise ist der Raum *i*, aus welchem die vom
st fallende Asche zu beseitigen ist, mit abschüssigem Boden versehen.
über den Abziehöffnungen angeordnete Luftschacht *m* dient zum Ab-
en der erhitzten Luft nach oben; hierdurch werden die Arbeiter beim
ausziehen des gebrannten Kalkes durch die heisse Luft weniger belästigt.
nächstfolgenden Geschosse befinden sich drei Feuerungen *b*, welche den
iehöffnungen *a* gegenüberliegen und mit feuerbeständigen Steinen be-
det, mit einem Gewölbe aus Chamottesteinen überdeckt und mit einer
rnen Thüre verschliessbar sind. Der Brennstoff wird auf einem Thonrost
brannt und unter demselben durch einen Canal *h* die zur Verbrennung
hwendige Luftmenge zugeführt. Ausserdem besitzt dieses Geschoss Räume
Aufbewahrung des Brennstoffes. Im dritten Geschosse befinden sich
lafkammern für die Arbeiter, im vierten ist der ganze Raum mit schlechten
rmeleitern angefüllt, welche den Ofenschacht gegen Abkühlung nach
sen schützen. Bei der Inbetriebsetzung wird zunächst nur der Raum *D*
n den Feuerungen bis zur Sohle) mit rohen Kalksteinen angefüllt, ein
lzfeuer in den Abziehöffnungen *a* angemacht und der Kalk gargebrannt.
n wird von der Gicht aus roher Kalkstein, der bei der grossen Schacht-
e nicht herabgeworfen werden darf, sondern in Kübeln herabgelassen
den muss, eingebracht, bis der ganze Schacht gefüllt ist; auch bildet man
h auf der Gicht einen Kegel von Kalksteinstücken. In den Feuerungen wird
auf mit Torf gefeuert und die Holzfeuerung in den Abziehöffnungen ein-
ellt. In neuerer Zeit benutzt man statt Torf als Brennstoff Braunkohle
r Steinkohle. Sobald der obere Kalk gargebrannt ist, wird der untere
gen, dann neuer roher Kalkstein aufgegeben und so fort. Ein solcher
schüriger Ofen liefert pro Tag gegen 9000 *kg* gebrannten Kalk, während

in einem vierschürigen, entsprechend grösser gestalteten über 11000 *kg* und in einem fünfschürigen bis 13000 *kg* gebrannter Kalk pro Tag gewonnen wird.

Der in den Figuren 369 und 370 dargestellte **Kammerofen** von **Otto Bock** in Berlin kann sowohl zum Brennen von Kalk, als auch von Klinkern, Cement und feuerfesten Waren verwendet werden. Er besteht aus abschliessbaren Kammern, die nach erfolgtem Garbrand einzeln aus dem Betriebe ausgeschaltet werden können. Die Beheizung dieses Ofens erfolgt von aussen mittelst drei, in jeder einzelnen Kammer befindlichen Rostfeuerungen.

Diese Feuerungen liegen fast unmittelbar unter der Ofensohle, so dass die Flamme die zu brennende Ware unmittelbar bestreicht. Die Rauchgase werden oben abgezogen. Zwischen je zwei Kammern liegt eine Trennungswand, die in ihrem unteren Theile mit einer Anzahl Durchgangsöffnungen versehen ist. Diese Oeffnungen bleiben, so lange in der betreffenden Kammer gebrannt wird, offen und werden nach beendetem Garbrennen mittelst besonders construirter Schieberplatten geschlossen, so dass die Nachglut beliebig lange auf die Ware einwirken kann. Der Betrieb der übrigen, nicht ausgeschalteten Kammern geht dann ohne Verwendung der Wärme aus den kühlenden Kammern wie in einem gewöhnlichen Ringofen vor sich. Der Aufwand an Brennstoff ist etwa doppelt so gross als in einem gewöhnlichen Ringofen in Folge der Verwendung kalter Speiseluft und des Verzichtleistens auf die in der gebrannten Ware aufgespeicherte Wärme, die jedoch für Trockenzwecke vortheilhaft ausgenutzt werden kann. Für stark schwindende Ware, auch für das Brennen von Wiesenkalk soll sich dieser Ofen bewährt haben. Die Schwindung des Wiesenkalkes betrug z. B. bei einem 2·3 *m* hohen Ofen ein ganzes Meter. Zum continuirlichen Brennen von Kalk sind nur sechs Kammern erforderlich. Der Kalk kommt nicht mit dem Brennstoff in Berührung, sondern wird nur von der Flamme bestrichen. —

Will man den Kalk rein von Asche und Schlacke erhalten oder die entweichende Kohlensäure frei von Rauch (z. B. in Zuckerfabriken, welche nach dem Carbonisirungsverfahren arbeiten) auffangen, so empfiehlt es sich

kommende, ein Canalsystem (Zweig- und Ringkanäle) passirende, durch eine besondere Einrichtung von Theer, Ammoniak und Wasser grösstentheils befreite Gas in den Ofen führen, wo es sich mit der Verbrennungsluft vermischt, die aus dem in der Rast liegenden Kalke Wärme aufnimmt und gleichzeitig dem Kalk die hohe Temperatur entzieht, so dass derselbe sofort gezogen werden kann. — Ein kreisförmiger Basteiofen von 1·57 *m* Durchmesser vermag pro Tag 5000 *kg* gebrannten Kalk zu liefern, doch kann der Ofen, ähnlich wie der Hoffmann-Licht'sche Ringofen, ohne wesentliche Abänderung in der Grösse gebaut werden, dass binnen 24 Stunden bis 75000 *kg* Aetzkalk gewonnen werden. (Eine ausführliche Beschreibung des Steinmann'schen Kalkofens nebst Abbildungen desselben bringt »Dingler's polytechnisches Journal« im 220. Bande).

Andere empfehlenswerthe Kalköfen mit Gasfeuerung baut Verkonteren in Amsterdam, E. Ziegler in Heilbronn, G. Mendheim in München, Escherich in Schwandorf u. s. w.

Es giebt auch Oefen zum gemeinschaftlichen Brennen von Kalk und Ziegeln. Dieselben sind entweder offene oder gewölbte und für periodischen Betrieb eingerichtet. Sie gestatten eine bessere Ausnützung der Wärme als Kalköfen allein, bei denen der Ueberschuss an Hitze durch die Gicht vollständig verloren geht. Der Kalk füllt hier gewöhnlich nur den Raum zwischen den Feuergewölben aus, wo die grösste Hitze herrscht, höchstens ist er noch 40—50 *cm* höher als die Gewölbe aufgeschichtet. Gewöhnlich stellt man wie bei den Feldöfen und Meilern aus grösseren Kalksteinstücken die Wölbung selbst und die Feuergassen her, wobei man für die erforderliche Zahl von Zuglöchern Sorge zu tragen hat, und setzt auf dieses Gewölbe beziehungsweise auf die Kalkschicht unmittelbar die getrockneten rohen Ziegel hochkantig auf, deren Masse aus einer solchen Mischung besteht, dass sie zu ihrem Garbrennen eine geringere Temperatur als der Kalk bedarf. Besser jedoch ist es, Kalk und Ziegel durch eine kleine Mauer zu trennen, in welcher gewölbartige Oeffnungen für den Durchgang der Flammen angebracht sind. Denn da der Kalk beim Brennen sein Volumen vermindert und die Ziegel den verschiedenen Bewegungen desselben folgen, so brechen sie sehr oft beim Senken.

Einen recht zweckmässigen gemeinschaftlichen Kalk- und Ziegelbrennofen haben Fikentscher in Zwickau und Schlickeysen in Berlin erbaut. Auch die im § 92 besprochenen sogenannten Kasseler Ziegelöfen können zum gemeinschaftlichen Brennen von Kalk und Ziegeln benutzt werden.

§ 194. Eigenschaften des gebrannten Kalkes (Aetzkalkes).

Der reine kohlensaure Kalkstein besteht aus 56·3 Theilen Calciumoxyd und 43·7 Theilen Kohlensäure; daher geben 100 Gewichtstheile reiner roher Kalk 56·3 Gewichtstheile gebrannten. Da jedoch der gewöhnliche Kalkstein ausser Kalk und Kohlensäure noch andere Bestandtheile enthält, so ist das praktische Ergebniss ein anderes, und man kann annehmen, dass die besten Kalksteine 56—59 Gewichtsprocente, mittlere 66 und schlechte bis 70 Gewichtsprocente gebrannten Kalk ergeben; der Ueberschuss über 56·3 % stellt die Verunreinigungen des Kalksteins dar.

Gebrannter Kalk ist in reinem Zustande weiss, bei Vorhandensein von Eisenoxyd, Thon, Alkalien u. s. w. meistens graugelblich. Reiner gebrannter Kalk ist unschmelzbar und bleibt selbst in der höchsten Temperatur unverändert. Gebrannter Kalk ist nur etwa halb so schwer als roher und zeigt gewöhnlich eine Volumenverminderung bis 10%, in seltenen Fällen bis 20%; nach neueren wiederholten Versuchen soll es jedoch auch vorkommen, dass beim Kalk eine Volumen*vermehrung* von 7% (nach *Dorlhac* und *Sannin* sogar bis 10%) durch das Brennen erzeugt wird. Gebrannter Kalk ist in siedendem Wasser schwerer als im kalten löslich, und zwar können in 100 Theilen Wasser bei + 15° *C.* 0·127 Theile, bei + 100° *C.* nur 0·06 Theile Kalk aufgelöst werden.

Wenn man pulverisirten Aetzkalk in eine mit nadelfeinen Löchern versehene Röhre einstampft und letztere, nachdem man ihre Mündung verschlossen hat, unter Wasser taucht, so dass das Wasser nur durch die Löcher an den Kalk gelangen kann, und wenn man darauf die Kalkmasse in der Röhre in kohlensäurefreier Luft trocknet und dann in kohlensäurehaltige Luft bringt, so nimmt sie aus dieser die Kohlensäure begierig auf und liefert endlich einen künstlichen, sehr harten Kalkstein.

Wird pulverisirter Aetzkalk trocken mit Sand vermischt und auf das Gemenge Wasser gegossen, so erhält man *keinen bindenden Mörtel, weil die Mischung nicht »gedeiht«*. In wasserfreiem Zustande verbindet sich der Aetzkalk nicht mit der Kohlensäure; wenn derselbe aber aus der Luft Feuchtigkeit aufgenommen und sich zu Kalkhydrat umgewandelt hat, so saugt er begierig Kohlensäure aus der Luft an und zerfällt zu Pulver. Man muss daher den gebrannten Kalk frisch verbrauchen oder ihn gut verschlossen halten und gegen die Feuchtigkeit der Luft, gegen Regen und Schnee schützen.

§ 195. Löschen des gebrannten Kalkes.

Besprengt man gebrannten Kalk mit soviel Wasser als zur Hydratbildung erforderlich ist, so zerfällt er zu Pulver und wird zu *Kalkhydrat*

hält, beträchtlich erschwert. Quellwasser, das Salze mit sich führt, Meerwasser, das Chlornatrium (Kochsalz) besitzt, Soolwasser und Wasser mit einem bedeutenden Gehalt an Chlormetallen, Säuren, kohlensauren Salzen und Ammoniakverbindungen sind zum Kalklöschen untauglich.

Wenn dem gebrannten Kalk nicht allmälig die zu seiner Erhitzung nöthige Wassermenge vollständig zugeführt wird, so verbrennt er. Verbrannter Kalk fühlt sich körnig und sandig an; er ist weniger tauglich, denn er vertheilt sich schlecht im Wasser. Erhält der gebrannte Kalk gleich bei Beginn des Löschens zu viel Wasser, so ersäuft er und wird ebenfalls weniger brauchbar. Man nimmt gewöhnlich an, dass zum Löschen von 1 Gewichtstheil Aetzkalk 3—4 Theile Wasser erforderlich sind.

Wird dem Kalkbrei weiter Wasser zugesetzt, so erhält man Kalkmilch, die zu Anstrichen Verwendung findet (siehe § 262), wobei sie mit beliebigen Erdfarben vermischt werden kann. Die sich aus dem Kalkbrei oder der Kalkmilch absondernde, gesättigte Kalklösung nennt man Kalkwasser; sie enthält auf 760 Theile 1 Theil Kalk.

Die reinsten Kalksteine geben den fettesten Aetzkalk, welcher gelöscht und eingesumpft sich äusserst zart und fett anfühlt und eine schneeweisse Farbe besitzt; verunreinigte Kalksteine liefern mageren Kalk, der sich rauh und sandig anfühlt und grau aussieht.

Zu den mageren Kalken gehört demnach auch der hydraulische. (Siehe § 216). — Gebrannter Kalk darf nicht mehr als 15%, Kalkbrei nicht mehr als 5—6% erdige Bestandtheile enthalten.

1 Cubikmeter fetter Kalk liefert 2—3 Cubikmeter steifen Kalkbrei und braucht zum Zerfallen viel Wasser; er entwickelt beim Löschen eine sehr starke Hitze. 1 Cubikmeter magerer Kalk giebt 1—2 Cubikmeter steifen Kalkbrei und löscht mit wenig Wasser unter geringer Wärmeentwickelung. Man rechnet auf 1 *hl* gebrannten Kalk durchschnittlich 1·65—1·85 *hl* gelöschten Kalk.

Das Löschen wird beim fetten Kalk in der Regel in viereckigen Kästen aus 3—4 *cm* starken Brettern vorgenommen. Solche Kalkkästen sind meistens 1·5—1·9 *cm* lang, 0·8—0·9 *m* breit und 0·5—0·55 *m* hoch und besitzen am Kopfende eine mit einem Schieber verschliessbare Oeffnung. Die Kalkstücke werden flach nebeneinander gelegt und mit soviel Wasser begossen, als sie aufzunehmen vermögen. Sobald die Steine zerplatzen und zu knistern anfangen, erhalten sie einen weiteren Wasserzusatz und werden mittelst Kalkkrücken so lange fleissig durcheinander gearbeitet und mit Wasser begossen, bis ein ganz gleichmässiger dünner Brei entstanden ist. Wenn dieser nicht mehr schäumt, wird er durch eine Oeffnung des Kalkkastens in eine Grube geleitet, welche zuweilen ausgemauert oder mit Brettern verschalt wird, damit der Kalk nicht zu viel Wasser an das die Grube umgebende Erdreich abgiebt, was nachtheilig wäre. Sind Grubenwände und Grubensohle durchlässig, so versickern aber auch die im Wasser gelösten Alkalisalze, welche sonst Ausblühungen und nasse Stellen auf der Putzfläche erzeugen können; aus diesem Grunde lässt man die Grube im Inneren meistens unbekleidet. In der Grube verdickt sich die Masse allmälig zu einem steifen Brei, ohne sich jedoch zu setzen, weil sich erst nachträglich viele Kalktheilchen lösen, und es entsteht auf ihrer Oberfläche eine stark ätzende klare Flüssigkeit. Verdunstet dieselbe nicht, so muss sie abgeschöpft werden,

denn der gelöschte Kalk darf nicht längere Zeit mit Wasser bedeckt bleiben, weil das Kalkwasser Kohlensäure aus der Luft aufnimmt und sich mit einem Häutchen von kohlensaurem Kalk bedeckt, dass bei gewisser Schwere als einfach kohlensaurer Kalk niedersinkt und den übrigen gelöschten Kalk verunreinigt. Dieser Vorgang wiederholt sich bis zur vollständigen Verdunstung der Flüssigkeit. Am besten ist es, den Kalkbrei (Weisskalk) mit frischem Sand 20—30 *cm* hoch in der Grube zu bedecken, damit nicht ein Theil durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft wieder zu kohlensaurem Kalk umgewandelt wird, wodurch eine nicht geringe Volumenverminderung eintritt und dadurch weite Risse und Sprünge entstehen.

Würde man den gelöschten Kalk sofort verwenden, ohne ihn »einzusumpfen«, so könnten sich die beim Löschen des Kalkes noch unaufgeschlossen gebliebenen Theilchen nicht nachträglich vollständig lösen und würden im fertigen Mörtel nachquellen und dadurch Treiben und Zerstörungen erzeugen. In der Grube bleibt der Kalk mindestens acht Tage lang stehen (eingesumpft), wenn er später zur Bereitung von Mauerwerksmörtel dienen soll, und mindestens 20 Tage lang, wenn aus ihm Putzmörtel bereitet werden soll. Jedenfalls darf der Kalk nicht eher Verwendung finden, als bis auf seiner Oberfläche Trockenrisse entstanden sind. Er muss in wagerechten Schichten abgestochen werden, damit man die freigelegte Oberfläche sofort wieder mit Sand bedecken kann.

Sehr empfehlenswerth ist die Benutzung der Patent-Löschbank von H. Hilke in Freienwalde (Fig. 371), welche die Verwendung von warmem Wasser zum Löschen gestattet. Sie besteht aus einem Holzkasten, in welchem ein auf eisernen Stützen ruhendes Eisengefäss *A* derart befestigt ist, dass der Zwischenraum zwischen beiden oben einen wasserdichten Abschluss erhält. Das Löschwasser wird durch den Canal *e* unter den eisernen Kasten geleitet, durch die Hitze des sich löschenden Kalkes vorgewärmt, zum Aufsteigen gebracht und durch kleine Löcher nahe am oberen Rande des Eisenkastens in diesen und auf den hier lagernden Kalk geführt, wodurch das Löschen gleichmässig und schnell bewirkt wird. Durch den mit Schieber versehenen Abzug a wird der Eisenkasten entleert.

§ 196. Die Mörtelbereitung.

Zur Bereitung des Luftmörtels wird der eingesumpfte Kalk mit Sand l Wasser innig vermischt, so dass ein vollständig gleichmässiges Gemenge ı gleicher Färbung und Dichtigkeit entsteht. Das Durchkneten wird entder durch die Hand des Arbeiters (meistens von Jungen) oder besser rch Mörtelmaschinen besorgt. Durch letztere erzielt man auf billigere ise (durch Ersparniss an Arbeitslohn und Kalk) eine innige Mischung der rtelstoffe.

Von den vielen empfehlenswerthen Constructionen mögen hier zwei — mlich die Mörtelmaschine von C. Schlickeysen in Berlin und die von l. Laeis & Comp. in Trier — besprochen werden. Die Schlickeysen'sche rtelmaschine ist ähnlich wie die wagerecht liegenden Thonschneider (vergl. 8) eingerichtet und besitzt im Inneren eine liegende Schneckenschraube, durch lche die Mischung vorgenommen und der Mörtel nach vorn geschoben rd. Eine Maschine für Hand-, Göpel- und Dampfbetrieb (mit Schwungrad d Riemenscheibe) stellt Figur 372 dar; mit dieser Maschine vermag ein nn am Schwungrade in der Stunde 1 m^3 gut gemischten, nassen oder ckenen Mörtel herzustellen. Wird diese Maschine durch einen einpferdigen pel oder durch Dampf betrieben, so kann man in einer Stunde 3 m^3 rtel bereiten. Die Firma bringt Mörtelmaschinen für Kalk- und Cementrtel in den Handel, welche bis 30 m^3 Mörtel in einer Stunde bei einer triebskraft von 10—12 Pferdestärken liefern können, und baut auch jetzt örtelmaschinen in Verbindung mit einem Elevator, die gleichzeitig r Bereitung von Beton dienen. (Siehe § 234 und Fig. 415).

Die Mörtelmischmaschine von Ed. Laeis & Comp., welche g. 373 darstellt, ist ein Kollergang mit rotirendem Teller und unterem ıtrieb. Die Läufer haben einen Durchmesser von je 1500 *mm* und eine eite von je 370 *mm*; ihr Gewicht beträgt je 1500 *kg*. Bei grösseren Maıinen wird der Teller am Rande durch Laufrollen gestützt. Die Läufer gen unabhängig von einander innerhalb eines an Ständern befestigten Rahmens, welchem sich die Läuferachsen so führen, dass jeder der ersten sich beim terschieben grösserer Stücke (bei der beim Mahlen feuchter Stoffe vermeidlichen Kuchenbildung) heben kann, ohne dass der andere dadurch rührt wird. Derartige Maschinen sind nicht zur Bereitung von Kalkmörtel, ıdern auch zur Mischung von Trassmörtel, sowie zum Zerkleinern von luftckenem Thon gut geeignet; bei Zuführung von Trassstücken in Nussgrösse fern sie pro 10 Stunden bis 24 m^3 Mörtel und je nach der verlangten inheit bis 10000 *kg* lufttrockenen Thon.

In grösseren Städten sind auch Mörtelfabriken eingerichtet worden, ı welchen ein Mörtel in vorzüglichster Mischung unmittelbar bis zur Baustelle eigens zu diesem Zweck construirten Fuhrwerken (z. B. mit Mörtel-Transrtwagen von H. Hilke in Freienwalde, siehe »Thonindustrie-Zeitung 1878« 437) geliefert wird. Auch hat Bodländer in Breslau sich eine Mörtelansport- und Mischtrommel gegen Nachahmung schützen lassen, (D. R. G. M. . 19799), welche auf einem Rädergestell ruht und im Inneren Mischflügel sitzt; sobald die Mörtelstoffe in die Trommel geschüttet sind, wird der Karren Bewegung gesetzt und vom Kutscher vom Bocke aus eine Kuppelung einrückt, worauf die Mischung beginnt, die nach einer Fahrzeit von etwa einer

Viertelstunde beendet ist. — Viel benutzt wird in neuerer Zeit auch die stehende, kegelförmige Mörtelmaschine von Gauhe, Gockel & Comp. in Oberlahnstein a. Rhein, ferner die Mörtelmaschine mit senkrechtem Cylinder (nach Art der Thonmühlen) von der Maschinenfabrik von W. Joh. Schumacher in Köln a. Rh., sodann die wagerechte Mörtelmaschine (mit Kurbelantrieb, mit 2 Knetachsen und abwechselnden Messern) von der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück, der Kollergang (mit zwei schweren eisernen Achsen) von Grothe in Luxemburg u. s. w.

(Näheres über Mörtelmaschinen findet man im »Handbuch der Ingenieurwissenschaften«, Bd. IV., Abthl. 3, Lief. 4, Cap. XV. Leipzig 1888.)

Je nach der Beschaffenheit des Kalkes wird ein Gewichtstheil desselben mit 1—5 Gewichtstheilen Sand vermischt. Es wird angenommen, dass sich Sand mit soviel Kalkbrei vermischen lässt, als er ohne Volumenänderung aufnehmen kann. Dann sind sämmtliche Zwischenräume der dichtgelagerten Sandkörner eben noch mit Kalkbrei ausgefüllt. Fetter Kalk vermag eine grössere Menge Sand aufzunehmen als magerer, und zwar beträgt die Sandmenge etwa das sechsfache des Kalkgewichtes. Wegen des grösseren Sandzusatzes giebt fetter Kalk demnach auch eine grössere Mörtelmasse als magerer.

Professor Manger empfiehlt in seinem »Hilfsbuch zur Anfertigung von Bauanschlägen«:

Für Ziegelmauerwerk über der Erde im Durchschnitt 1 Theil Kalk mit 3 Theilen Sand, im höchsten Falle 1 Theil Kalk mit $1^1/_2$ Theilen Sand, zum mindesten 1 Theil Kalk mit 4 Theilen Sand.

Für Ziegelmauerwerk unter der Erde im Mittel 1 Theil Kalk mit 4 Theilen Sand, im höchsten Falle 1 Theil Kalk mit 3 Theilen Sand, zum mindesten 1 Theil Kalk mit 5 Theilen Sand.

Nach Versuchen von Professor Hauenschild erhärtet Kalkmörtel aus 1 Theil Kalk und 5 Theilen Sand bei Grundbauten energischer als solcher aus 1 Theil Kalk mit 3 Theilen Sand, weil er der Kohlensäureaufnahme günstiger ist. Auch Professor Manger hält bei Grundbauten einen stärkeren Sandzusatz für zulässig, weil die Kohlensäure der Luft an den unter der Erde liegenden Kalkmörtel weit spärlicher und langsamer gelangt, und weil der meist bedeutende Druck der auflagernden Mauerschichten die Erhärtung des Mörtels befördert, indem derselbe die Sandkörner inniger unter sich verbindet und besser an die Steine andrückt. Der Mörtel bleibt unter der Erde lange genug weich, um jedem Druck nachzugeben. Selbst ein Mörtel aus 1 Theil Kalk mit 9—14 Theilen Sand erhält noch eine genügende Festigkeit, wenn er durch starken Druck gedichtet wird. Aus demselben Grunde verwendet man zu Mauerwerk aus dichten und sehr grossen Bruchsteinen zweckmässig einen magereren Mörtel als zu Mauerwerk aus Backsteinen oder porösen Bruchsteinen; denn grosse Steine drücken schon durch ihr eigenes Gewicht stärker auf den Mörtel, und bei dichten Steinen gelangt die Kohlensäure der Luft nur durch die Fugen an den Mörtel.

Zur Herstellung von Putz, zu welchem die Luft ungehindert gelangen kann, muss ein fetter Mörtel aus 1 Theil Kalk und 2 Theilen Sand gewählt werden, damit ein zu schnelles Austrocknen verhindert wird und der Putz nicht zu viele Poren erhält. Nimmt man jedoch den Mörtel zu fett, so wird er leicht rissig und erhält keine genügende Dichtigkeit. Mit letzterer wächst aber die Dauerhaftigkeit des Putzes.

Reiner Kalkbrei (ohne Sandzusatz) kann als Mörtel nur in ganz engen Fugen Verwendung finden, so dass beide Steinflächen nur vom Kalk berührt werden. Würde man mit ihm breite Fugen füllen oder Mauerwerk putzen, so würden sich in Folge zu langsamen Trocknens des Breies Risse und Sprünge bilden, in welche der Regen und Schnee eindringen und eine allmälige Zerstörung des Putzes, beziehungsweise eine Auswaschung der Fugen herbeiführen kann. Dasselbe, nur in schwächerem Maasse, würde eintreten, wenn man Mörtel mit zu geringem Sandzusatz verwendete. Ist der Sandzusatz jedoch ein so grosser, dass nicht alle Sandkörner von dem Kalkbrei umhüllt und durch ihn verbunden werden, so ist das Gemenge als Mörtel nicht brauchbar.

Bei Bruchstein- und Klinkermauerwerk empfiehlt *Hauenschild* die Benutzung eines möglichst steifen Kalkmörtels, »weil sonst durch den Druck der Steine unmittelbar Wasser ausgepresst, die Reibung an den Berührungsflächen dadurch sehr vermindert und die Steine selbst dadurch beweglich (schwimmend) würden«. Bei gewöhnlichem Ziegelmauerwerk und Mauerwerk aus porösen Sandsteinen hält er die Verwendung eines satten, nicht flüssigen, aber leicht beweglichen Mörtels für gut, »damit das Porenwasser unter Mitnahme von Kalkmilch in die Poren der Steine langsam eindringt und dadurch Vergrösserung der Adhäsion, ohne Entziehung der Plasticität, bewirkt«. (Siehe: »Handbuch der Architektur«, 1895, Bd. I, 1. Hälfte, S. 139.)

Sand. Der Bausand soll möglichst scharfkantig und eckig, frei von Humus (Torf), Schlamm, Staub, erdöl- oder asphaltreicher Durchtränkung, Thon u. s. w. sein und nicht zu kleines, am besten gemischtes Korn besitzen. (Vergl. § 58.) Mittelgrober, scharfkantiger Sand, namentlich solcher mit 5—10% granitischen oder feldspathartigen Geschieberesten eignet sich zur Mörtelbereitung am besten. Feinkörniger abgeschliffener Sand ist nicht so gut, jedoch wählt man zum Putzmörtel einen etwas feinkörnigeren Sand, um eine glattere Fläche zu erhalten. *Runde* Sandkörner haben im Verhältniss zu ihrem Inhalt eine kleinere Oberfläche als scharfkantige und erfordern deswegen zu ihrer Umhüllung weniger Kalkbreimasse, dagegen schieben sich die scharfkantigen Sandkörner inniger ineinander.

Sand mit organischen Beimengungen oder Zusätzen von Häcksel, Kälberhaaren, Sägespänen u. s. w. ist ganz unbrauchbar, denn diese Stoffe werden durch Einwirkung des Kalkes zu dem auf den Mörtel sehr schädlich einwirkenden Humus umgewandelt (vergl. § 61). Durch *reinen Sand* (Flusssand) dagegen wird die Festigkeit des Mörtels wesentlich erhöht. Steht ein solcher nicht zur Verfügung, so empfiehlt es sich, den Sand durch Waschen von allen thonigen und schlammigen Bestandtheilen zu befreien.

Zum *Sandwaschen* (Schlämmen) verwendet man neuerdings und mit Vortheil eigens construirte Maschinen, von denen die von *Gressly-Ruge* eine weitere Verbreitung gefunden hat. (Siehe »Schweizer Bauzeitung«, 1886, Nr. 20.)

Man hält einen Sand für rein, wenn er — in reines Wasser geschüttet — schnell niedersinkt, ohne eine merkliche Trübung des Wassers zu bewirken.

Muss man den aus krystallinischen Kalk- oder Dolomitsteinen durch Transport oder Zerfrieren entstandenen Sand (Kalksand, Dolomitsand) verwenden, so mischt man demselben, nach *Gottgetreu*, zweckmässig grobkörnigen Quarzsand oder Geschiebereste von feldspathhaltigen, granitischen,

syenitischen u. s. w. Gesteinen bei. Weniger brauchbar ist der von glimmerhaltigen oder hornblendereichen Gesteinen herrührende, aus leicht spaltenden Blättchen bestehende Sand. Zur Mörtelbereitung kann man aber auch Bimssteinsand, granulirte und gepulverte Hochofenschlacke und zerstampfte hartgebrannte Ziegelsteine nehmen, ferner Räumasche, d. i. der Rückstand der Zinkhütten, und gut ausgebrannte Steinkohlen- oder Braunkohlenasche u. s. w.; solche Beimengungen verleihen dem Mörtel die Eigenschaft, unter Wasser zu erhärten. Die Hochofenschlacke besteht im Mittel aus 40·12% Kieselerde, 15·37% Thonerde, 36·02% Kalkerde und 10% Manganoxydul, Eisenoxydul u. s. w., stellt also ein Kalk-Thonerde-Silicat dar. Wird die Schlacke beim Ausfliessen aus dem Hochofen granulirt, d. h. durch eine Reisigdecke oder einen Durchschlag in kaltes Wasser gegossen, so erhält sie ein kiesartiges Korn. Häufig wird die granulirte Hochofenschlacke noch zu Sand gemahlen (Schlackensand). Einen guten Luftmörtel erhält man aus 1 Theil Kalkbrei, 2 Theilen feinem und 1½ Theilen grobem Schlackensand. (Vergl. § 215, Kalkmörtel mit hydraulischen Zuschlägen.)

Zur Prüfung von Kalk- und Cementmörtel benutzt man sogenannten Normalsand aus Freienwalde (bei Berlin), welcher vom Laboratorium der Thonindustriezeitung in Berlin bezogen und unter der Controle des Vorstandes des »Deutschen Cement-Fabrikanten-Vereines« zubereitet wird. Dieser Sand wird durch Waschen, Trocknen, Grob- und Feinsieben (durch Siebe mit 60 und 120 Maschen für das Quadratcentimeter) von möglichst reinem Quarzsande gewonnen und hat das Einheits-Gewicht von 2·65. In 1 Liter lose eingefüllten Sandes von 1·5 *kg* Gewicht befinden sich 560 cm^3 feste Masse und 440 cm^3 Hohlräume und in 1 *l* festgerüttelten Sandes 900 cm^3 feste Masse und 100 cm^3 Hohlräume, so dass der Normalsand um 10% schwindet. (Siehe »Handbuch der Architektur«, 1895, Bd. I, 1. Hälfte, S. 131.)

Man erhält (nach Mothes) einen guten Mörtel, wenn bei rundkörnigem, magerem Sand 12%, bei scharfkörnigem, magerem Sand 14%, bei rundkörnigem, aber mit Thon untermischtem Sand 15—16%, bei scharfkörnigem, lehmigem Sand 18—20% Kalkerdehydrat nothwendig werden. Niemals soll man jedoch Sand verwenden, der mehr als 4% Thon besitzt, denn derselbe vermindert die Bindefähigkeit des Mörtels; bei grossem Thongehalt kann die Bindekraft des Kalkes vollständig aufgehoben werden. Die Berliner Baupolizei schreibt deshalb mit Recht vor: »Die Verwendung von Kalkmörtel zum Bauen, in welchem ausser Kalk und Sand der Masse nach mehr als 4% andere Bestandtheile (z. B. Thon, Lehm, Humus u. s. w.) oder dem Gewichte nach mehr als 2·6% solcher Bestandtheile enthalten sind, ist verboten.« Mörtelmischungen mit solchen schädlichen Stoffen führen den Namen Sparkalk.

Der Thongehalt lässt sich nach dem von Dr. Ziurek aufgestellten und von Mothes etwas abgeänderten Verfahren ohne eigentliche chemische Analyse in folgender Weise annähernd feststellen: Man füllt ein 0·3 *m* hohes und 3·5 *cm* weites, auf 0·2 *m* Höhe genau 200 cm^3 Inhalt besitzendes, cylinderförmiges Glasrohr mit 100 *g* des zu prüfenden Mörtels. Derselbe wird nach seiner Erhärtung zu Hirsekorngrösse zerschlagen und mit wenig, mit Wasser stark verdünnter Salzsäure zu einem dicken Brei angerührt und dann mit dieser schwachsäuerlichen Mischung begossen. Diese Flüssigkeit wird nach

—3 Minuten wieder behutsam abgegossen und das Begiessen so oft wieder-
olt, bis das Wasser klar abläuft.

Auf den im Glase befindlichen Mörtel ist so viel Wasser zu giessen, dass die öhre bis auf 0·2 *m* Höhe gefüllt ist. Bis zu dieser Höhe ist das Glasrohr mit iner 100theiligen Scala versehen, so dass jeder Grad 2 cm^3 Inhalt anzeigt. ach etwa 24 Stunden hat sich der Thon am Boden des Glasgefässes ab-elagert; an der Scala liest man die Höhe der Thonschicht ab; entspricht die-elbe 19—20 cm^3, so war der Thongehalt im Mörtel gleich 5 Gewichtsprocenten er trockenen Mörtelmasse, bei 25—26 Grad $7\frac{1}{2}\%$, bei 30—32 Grad 0%, bei 35—37 Grad $12\frac{1}{2}\%$, bei 40—42 Grad 15% u. s. w. Ist der örtel feucht, so muss man ihn erst auf seinen Wassergehalt prüfen und ementsprechend mehr als 100 *g* in die Glasröhre schütten. Meistens enthält ämlich frischer Mörtel etwa 20% und ziemlich trockener Bausand 3—6% lem Gewichte nach) Wasser.

Einen sehr guten Mörtel ohne Sand soll man (nach Gottgetreu) rhalten, wenn man 100 Theile zu Pulver gelöschten Kalk und 200 Theile orf-, Steinkohlen- oder Braunkohlenasche, die durch ein feines Drahtsieb eschlagen, mit Wasser vermischt und dem dicken Brei 1 Theil, in etwa Theilen Wasser aufgelöstes Wasserglas (von 33° *Bé.*) hinzusetzt und das anze durcharbeitet. Man kann dieser Mischung auch 100 Theile reinen uarzsand beimengen, ohne seine Güte zu beeinträchtigen. Beide Mörtel-ischungen erhärten in etwa einer Woche und eignen sich sowohl zur Ver-endung an der Luft als auch unter Wasser.

Neumann (a. a. O., S. 125) empfiehlt für schnellbindenden Mörtel olgendes Recept: In ein Gefäss mit Wasser werden einige Stücke un-elöschten Kalkes hineingeworfen, so dass Kalkwasser entsteht. Dann werden ndere Kalkstücke mit Wasser besprengt, bis sie zu Pulver zerfallen. Von iesem Pulver, das durchgesiebt wird, mengt man 2 Theile mit 2 Theilen iegelmehl und 3 Theilen Sand trocken und innig mit einander, bis das emenge überall dieselbe Farbe zeigt, besprengt dasselbe mit dem Kalkwasser nd rührt das Ganze so lange sorgfältig durch, bis es die Steifheit des örtels erlangt hat. Ein so zubereiteter Mörtel soll fast ebenso schnell wie yps abbinden.

In ähnlicher Weise wird der Loriot'sche Mörtel hergestellt. Derselbe esteht aus 2—3 Theilen durchgesiebtem Ziegelmehl, 2 Theilen Kalkbrei nd 3 Theilen Flusssand, welcher Mischung 2 Theile frischgebrannten nd ungelöschten Kalkes in Mehlform beigemengt werden. Ein solcher Mörtel indet ebenfalls sehr rasch ab und erhält bald eine sehr grosse Zugfestigkeit. ach Hauenschild soll man dem fertiggestellten Kalkmörtel soviel Aetzkalk-ulver hinzusetzen, wie das Gewicht des Gehaltes des Mörtels an Aetzkalk eträgt, also bei einer Mischung von 1 Theil Kalkbrei und 3 Theilen Sand twa $\frac{1}{2}$ Theil Aetzkalkpulver.

Man kann auch Sand, Ziegelmehl, ungelöschtes Kalkpulver und Kohlen-taub trocken zusammenmischen und kurz vor dem Gebrauche mit gelöschtem alk und Wasser vermengen und kräftig durcharbeiten.

Die verschiedenen Volumen- und Gewichtsänderungen nach der Zu-ammenstellung von Dr. Ziurek zeigt die nachfolgende Tabelle; hierbei ist as specifische Gewicht des halbtrockenen Sandes zu 1·15 angenommen.

Mörtel aus:		
1 Theil Kalkbrei und 3 Theilen Sand.	1 Theil Kalkbrei und $2^1/_2$ Theilen Sand.	1 Theil Kalkbrei und 2 Theilen Sand.
1 *hl* Kalkbrei wiegt 131 *kg* und enthält 80 *kg* Wasser und 51 *kg* Kalkerdehydrat.		
3 *hl* halbtrockener Bausand wiegen 344·5 *kg*, enthalten 329 *kg* trockenen Sand und 15·5 *kg* Wasser.	2·5 *hl* halbtrockener Sand wiegen 287 *kg*, enthalten 274 *kg* trockenen Sand und 13 *kg* Wasser.	2 *hl* halbtrockener Sand wiegen 229·6 *kg*, enthalten 219·3 *kg* trockenen Sand und 10·3 *kg* Wasser.
1 *hl* Kalkbrei, 3 *hl* Sand und 2·5 *kg* Wasser geben 2·5 *hl* = 478 *kg* nassen Mörtel.	1 *hl* Kalkbrei, 2·5 *hl* Sand und 2 *kg* Wasser geben 2·2 *hl* = 420 *kg* nassen Mörtel.	1 *hl* Kalkbrei, 2 *hl* Sand und 1·5 *kg* Wasser geben 1·88 *hl* = 359·4 *kg* nassen Mörtel.
478 *kg* nasser Mörtel geben 372·84 *kg* trockenen Mörtel.	420 *kg* nasser Mörtel geben 327·8 *kg* trockenen Mörtel.	359·4 *kg* nasser Mörtel geben 280·3 *kg* trockenen Mörtel.
372·84 *kg* trockener Mörtel enthalten 51 *kg* Kalkerdehydrat; der Mörtel enthält mithin 13·7 % Kalkerdehydrat.	327·8 *kg* trockener Mörtel enthalten 51 *kg* Kalkerdehydrat; der Mörtel enthält mithin 15·5 % Kalkerdehydrat.	280·3 *kg* trockener Mörtel enthalten 51 *kg* Kalkerdehydrat; der Mörtel enthält mithin 18·3 % Kalkerdehydrat.

Nach Mothes enthält frischer, aus frisch gelöschtem Kalk bereiteter Mörtel an chemisch unverändertem Kalkerdehydrat etwa 80—90% der ursprünglich verwendeten Menge, nach einem Jahre noch 28—35%, nach zehn Jahren noch 24—28%, nach zwanzig Jahren noch 18—22%, nach dreissig Jahren noch 12—16% u. s. w.; der übrige Theil hat sich bereits zu kohlensaurem Kalk umgewandelt und als solcher an den Steinen und Sandkörnern sich angelegt.

lie trockenen, porösen Mauersteine zu verhindern, müssen die Steine bei ıeisser, trockener Witterung tüchtig angenässt werden.

Eine Beschleunigung der Erhärtung wird erreicht: durch Vergrösserung der Mörteloberfläche und dadurch beförderte Einwirkung der Kohlensäure, durch Vermehrung des Sandzusatzes und dadurch bewirkte Vergrösserung der Zwischenräume, durch Beförderung der Wasserverdunstung mittelst Luftzuges oder künstlicher Austrocknung) und durch Vermehrung des Druckes auf den Mörtel. Die Erhärtung wird verzögert durch dichte, unporöse Steinflächen, durch geringen Sandzusatz und dadurch bewirkte lichtere Lagerung der Kalktheilchen (also Verminderung der Zwischenräume), durch Verhinderung des Austrocknens (also in der Feuchtigkeit oder bei Luftabschluss) und durch Frosteinwirkung. Zum Härten von Kalkmörtelputz empfiehlt Kessler Magnesiafluat. (Vergl. § 54.)

Eine künstliche Austrocknung von Kalkputzwänden mittelst Coakskörben ist nach den Michaelis'schen Untersuchungen vortheilhaft, sofern die Temperatur 100° *C.* nicht überschreitet. Die Untersuchung ergab unter anderem, dass ein Mörtel aus 1 Theil Kalk und 3 Theilen Sand, in der Wärme getrocknet, nach vier Wochen eine Zugfestigkeit von 8·55 *kg* besass, während derselbe Mörtel, nur an der Luft erhärtet, in demselben Zeitraume eine Zugfestigkeit von nur 1·95 *kg* erreichte.

Der Frost vermag nicht nur die Erhärtung des Mörtels zu verzögern, sondern auch eine Zerstörung desselben herbeizuführen, indem das Mörtelwasser gefriert. Ein Zerfrieren ist namentlich bei Putzmörtel zu befürchten. Soll der Kalkputz unter dem Frost nicht leiden, so muss er nach seiner Fertigstellung etwa einen halben Tag lang vor Frosteinwirkung bewahrt bleiben. Wird Mörtel in starkem Frost verbraucht, so besitzt er keine Haltbarkeit. Sobald die Temperatur unter 0° sinkt, überziehen sich die Mauersteine mit einer Eiskruste, welche das Eindringen des Mörtels in die Steinporen verhindert. Das beim Thauen des Eises entstehende Wasser verbindet sich mit dem bereits abgebundenen Mörtel nicht mehr, sondern bewirkt ein Abstossen des Mörtels von der Steinoberfläche. Muss man bei Frostwetter mauern, so empfiehlt es sich, sehr trockene, poröse Steine zu verwenden, weil dieselben das Mörtelwasser und mit ihm Kalkerdehydrat begierig einsaugen, bevor sich eine Eiskruste auf ihnen bilden und ihre Poren verschliessen kann. In Petersburg benutzt man bei Frostwetter vorgewärmtes gesalzenes Wasser zum Anmachen des Mörtels und beim Versetzen von Hausteinen Spiritus mit Seifenzusatz statt Wasser. Der Salzzusatz bewirkt einmal eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Zerfrieren, sodann aber auch ein starkes Aufsaugen des Wassers bei dem Krystallisiren des Kochsalzes, und zwar ist diese letztere Wirkung um so grösser, je geringer die Temperatur. Hierdurch wird ein Gefrieren des Mörtels verhindert. Es empfiehlt sich, auf 10 *l* Wasser 1 *kg* Kochsalz zu nehmen. Für Hochbauten besteht jedoch nach König's Beobachtungen in dem Salzzusatz zum Mörtel der Nachtheil, dass die Wände niemals trocken werden. — In Norwegen wird bei Verwendung von frischgebranntem Kalk und warmem Wasser noch bei einer Kälte von 12° *C.* gemauert, ohne dass sich Schäden zeigen.

Lässt man den Kalkmörtel längere Zeit im Kalkkasten oder in den Maurermollen liegen, so erhärtet er durch Verdunstung eines Theiles seines Wassers und Kohlensäureaufnahme. Aus diesem Grunde soll man nicht

mehr Mörtel bereiten, als man in einem Tage vermauern kann; bleibt nach Schluss der Arbeit noch Mörtel übrig, so hat man denselben durch Bedecken mit feuchten Tüchern gegen Austrocknung nach Möglichkeit zu schützen.

Sobald der Kalk aus dem teigartigen Zustande in den starren übergeht, heisst er »angezogen«. Das Anziehen beginnt (nach Hauenschild) bei einem Wassergehalt unter 60% und ist (nach Vicat) eingetreten, wenn eine Nadel von 1 mm^2 Querschnitt bei lothrechter Stellung und 300 *g* Belastung nicht mehr in den Mörtel einzudringen vermag.

Gewöhnliche Mörtelfugen erhalten an der Luft nach fünf Tagen ihre volle Oberflächenerhärtung. In diesem Zustande trägt die Mörteloberfläche die Vicat'sche Nadel mit 2000 *g* Belastung. Ist die Mörtelmasse vollständig erhärtet, so durchdringt die Vicat'sche Nadel sie erst bei einer Belastung von etwa 7500—10000 *g*. Nach Hauenschild trägt ein vollständig erhärteter Mörtel aus 1 Theil Kalk und 5 Theilen Sand die Nadel mit 10000 *g*, während ein solcher aus 1 Theil Kalk und 3 Theilen Sand schon bei einer Belastung der Nadel von etwa 7500 *g* zerstört wird; die Erhärtung des mageren Mörtels ist demnach eine weit energischere, als die eines Mörtels mit geringerem Sandzusatze.

Früher war man der Ansicht, dass zu der Bildung von kohlensaurem Kalk noch eine schwache Ausschliessung des Quarzsandes unter Bildung von Silicaten bei der Erhärtung hinzuträte, und glaubte in alten Mörteln noch lösliche Kieselerde gefunden zu haben. Nach den genauen Untersuchungen des chemischen Laboratoriums von Seger und Cramer in Berlin ist diese Annahme jedoch eine irrige. Selbst bei 200 Jahre altem Mörtel aus Rüdersdorfer Kalk konnte eine Kalksilicatbildung nicht nachgewiesen werden. (Siehe »Thonindustriezeitung«, 1894, S. 296.)

Festigkeit des Kalkmörtels. Nach Dr. Böhme's Ermittelungen betrug beim Lengericher Fettkalkmörtel aus 1 Theil Kalk und 1·5 Theilen Normalsand die Zugfestigkeit bei Lufterhärtung nach 7 Tagen 2·74 *kg*, nach 28 Tagen 4·82 *kg*, und die Druckfestigkeit nach 7 Tagen 16·53 *kg*, nach 28 Tagen 21·18 *kg* für das Quadratcentimeter Fläche.

Ein Gemenge aus 1 Gewichtstheil Staubhydrat und 6 Gewichtstheilen Sand besass nach vier Wochen eine Zugfestigkeit von 4·5 *kg* und nach acht Wochen eine solche von 6·95 *kg* für das Quadratcentimeter.

Mauerfrass. Es wurde bereits im § 61 darauf hingewiesen, dass Kalkmörtel, welcher sich mit Garten- oder Ackererde unmittelbar berührt, mit dem in dieser stets vorkommenden Chlornatrium (Kochsalz) neben kohlensaurem Natrium auch Chlorcalcium bildet und dass dadurch der gefürchtete Mauerfrass erzeugt wird. Auch ist schon im § 22 hervorgehoben worden, dass man Kalkmörtel nicht an solchen Stellen (z. B. an Aborten oder Düngerstätten) verwenden darf, wo er mit stickstoffhaltigen, verwesenden und organischen Stoffen in unmittelbare Berührung kommt, weil sich dann salpetersaurer Kalk bildet, der durch Aufnahme von Feuchtigkeit zum Zerfliessen gebracht wird und allmälig das Mauerwerk zerstört.

§ 198. Weitere Verwendungen des gebrannten Kalkes.

Ausser zum Luftmörtel und zum Putz verwendet man den gebrannten Kalk auch zur Herstellung von Stuck (Reliefstuck, Stucco lustro), von

ılksand-, Hydrosand-, Hydrokalk-, Kunstsandsteinen, Schlacken-einen, Korksteinen u. s. w. und zum Stampfbau (Pisébau).

Den Stuck bereitet man aus dem feinsten Fettkalkmörtel und etwas rps (auf 2—3 *l* Fettkalk 1 *l* Gyps). Der Gypszusatz beschleunigt die Er-rtung des Mörtels und befördert die Geschmeidigkeit desselben. Diese ısse widersteht den Witterungseinflüssen, sobald sie vollständig ausgetrocknet d mit Oelfarbe angestrichen ist, und ist deshalb auch zu äusseren Ver-rungen (Gesimsen, Fenstergewänden u. s. w.) brauchbar.

Wenn man 1 Theil alten, abgelagerten, steifen Fettkalk mit 2 Theilen siebtem Marmorstaub und mit Wasser vermengt und sorgfältig durchknetet, erhält man einen lange Zeit plastisch bleibenden Teig, welcher sich zum ssiren von Reliefstuck gut eignet.

Dieselbe Masse benutzt man als Grund- und Rohputz bei Herstellung n künstlichem Marmor, Stucco lustro genannt. Sie wird auf die Stein-che etwa 5 *mm* dick mit dem Reibbrettchen aufgetragen, hierauf mit dem lz verrieben und endlich mit polirter Kelle geglättet. Auf diesen noch nassen ıtz werden die Adern, Flocken und Wolken mit einer Masse aus feinstem, ınnflüssigem Mörtel, welcher Farbstoffe nebst Ochsengalle und Kaseïnlösung igemischt werden, so aufgetragen, dass die Farben nicht einander ıcken. Sind die Farben so weit eingesaugt, dass sie beim Ueberreiben mit m Finger nicht mehr abfärben, so wird auf den Putz eine Politur aus ıer Mischung von 2 *l* Wasser mit 40—50 *g* Seife, 20—25 *g* Pottasche der weinsteinsaurem Ammoniak, Sal tartari) und 90—110 *g* Wachs mittelst ıes wollenen Lappens heiss aufgetragen und dann heiss glatt gebügelt, dlich auf dieselbe noch ein Ueberzug aus in Spiritus aufgelöstem Wachs fgebracht und mit trockenem Lappen abgerieben. (Nach diesem Recepte ırden die Marmorimitationen im Wiener Reichsrathshause ausgeführt.)

Die Fabrikation von Kalksandziegeln wurde bereits im § 96 aus-ırlich besprochen, die der Hydrosandsteine im § 97, der Hydro-lksteine im § 97, der Kunstsandsteine im § 100, der Schlacken-eine im § 96 und der Korksteine im § 99.

Zur Herstellung von Kalksandstampfbauten (Pisébauten) und ıssböden benutzt man eine Mischung von 1·5 Theilen gelöschtem, branntem Kalk, 0·5 Theilen lehmfreiem Sand und 8 Theilen grobgesiebter, t ausgebrannter Steinkohlen- oder Braunkohlenasche. Diese Masse wird t wenig Wasser zu einem steifen Brei verarbeitet und bei Fussböden in —4 Lagen von zusammen 12—16 *cm* Höhe aufgetragen, festgestampft und t der Maurerkelle geglättet. In Ställen nimmt man die Fussbodenhöhe was grösser an und überstreicht die Masse, nachdem sie gehörig aus-trocknet ist, zweimal mit Theer und Oelfarbe. Diesen Anstrich kann man ch mit Seifenwasser abwaschen, ohne dass die Feuchtigkeit in den Fuss-den eindringt. Diese Masse (D. R. P. Nr. 19808 für J. Lehmann) eignet ch auch für Dächer über gewölbten Gebäuden. Derartige Dächer werden s einer 8 *cm* hohen Mörtellage gebildet und zum Schutz gegen Feuchtig-it mit Oelfarbe angestrichen.

Zum Kalksandstampfbau verwendet man aber auch einen Mörtel s 1 Theil fettem, gut gelöschtem Kalk und 8—12 Theilen reinem Sand. ese Mischung ist sorgfältig und so gleichmässig durchzuarbeiten, dass sie s Ansehen von frisch gegrabener, magerer Gartenerde erhält. Sie darf

nicht zu feucht sein, weil sich sonst der Mörtel nicht stampfen lässt. Zur Herstellung der Grundmauer empfiehlt F. Engel eine Mischung von 1 Theil Luftkalk, 1 Theil Portlandcement und 6—8 Theilen Sand oder von 2 Theilen Mergelkalk, 1 Theil Portlandcement und 8—9 Theilen Sand. Der Mörtel wird in hölzernen Formkästen gleichmässig 6—10 *cm* hoch ausgebreitet und mittelst Stampfer, deren dreieckige oder viereckige Grundfläche mit Blech beschlagen ist, um das Anhaften des Mörtels möglichst zu verhüten, so lange gestampft, bis der Stampfer beim Aufschlagen zurückspringt und einen metallähnlichen Klang erzeugt. Sobald die Formkästen gefüllt sind, können die Bretter abgenommen werden. Bei sauberer Arbeit ist ein Putz unnöthig und ein Anstrich genügend.

Erwähnenswerth ist auch der Aschenstampfbau oder Cedrinbau, welchen man seit etwa Mitte dieses Jahrhunderts in der Gegend von Lyon vielfach verwendet hat, und den Dr. Küchenmeister und C. Berndt in Deutschland, und zwar in Sachsen, zuerst ausgeführt und in Deuben zum Bau von Fabriken angeblich mit grossem Erfolge benutzt haben. Zu diesen, äusserst billigen Bauten, die auch in Westphalen und Braunschweig in neuerer Zeit hier und da aufgeführt wurden, benutzte man ein Gemisch, das vorzugsweise aus 1 Theil Staubkalk und 5 Theilen Steinkohlenasche oder aus 4 Theilen Steinkohlenasche und 1 Theil Fettkalk oder aus zu Staub zerfallenem, gewöhnlichem oder hydraulischem Kalk und ausgewitterter Steinkohlenasche mit Strassenschlamm (im Verhältniss von 3 : 1) besteht. Diese Stoffe wurden trocken innig zusammengemengt und darauf nur mit so viel Wasser begossen, dass eine feuchte, sich mit der Hand zu festen Klumpen knetbare (plastische) Masse entstand. Die Herstellung der Mauer aus Aschenstampfmasse geschah ebenso wie beim Erdstampfbau, und zwar in Schichten von etwa 12 *cm* und unter Benutzung von Formkästen. (Näheres hierüber findet man in: »Der Aschen- und Erdstampfbau« von C. Berndt und A. Gebhardt, Leipzig 1875, 2. Aufl., und »Der Aschenstampfbau und die Wohnungsnoth« von Dr. Küchenmeister.)

Aschenmörtel (aus Asche und 10% Kalk) leistet nach seinem Ab-

Siehr in Cöslin soll mit Erfolg eine Mischung von 1 Theil Cement, 2 Theilen Kalk, 2 Theilen Sägespänen und 3 Theilen scharfem Sand zu Putzarbeiten verwendet haben; derartiger Putz soll auch auf der Wetterseite frei von Haarrissen bleiben. (Siehe »Neueste Erfindungen und Erfahrungen«, Wien, Bd. III.)

III. Der Gypsmörtel.

§ 199. Einleitung. — Eigenschaften des Gypses.

Einleitung. Gyps ist wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk und besteht aus 32·56% Kalk, 46·51% Schwefelsäure und 20·93% chemisch gebundenem Wasser. An Verunreinigungen enthält Gyps hauptsächlich kohlensauren Kalk. Die Menge desselben lässt sich am einfachsten dadurch bestimmen, dass man pulverisirten Gyps mit verdünnter Salzsäure begiesst, in welcher sich der kohlensaure Kalk auflöst, dann die Lösung filtrirt, das Filtrat ammoniakalisch macht und den Kalk mittelst oxalsaurem Ammoniak fällt. Weitere Verunreinigungen des Gypses sind Thon und Bitumen. Wird Chlorcalcium mit verdünnter Schwefelsäure gefällt oder kohlensaurer Kalk mit dieser Säure versetzt, so erhält man künstlichen Gyps. Der nach letzterem Verfahren dargestellte Gyps wird wegen seiner grossen Haltbarkeit neuerdings zu Dachpappanstrichen verwendet.

Eigenschaften.*) Wenn man Gyps auf 120—130° *C.* erhitzt, so verliert er einen Theil (etwa 18%) seines Krystallwassers. Der bei dieser Temperatur gebrannte Gyps zieht, wenn er mit Wasser zu einem Brei angerührt wird, bereits in 5—10 Minuten an und bindet in etwa 30 Minuten vollständig ab, wobei er Wärme entwickelt und das überschüssig zugesetzte Wasser chemisch bindet, sowie sein Volumen vergrössert (treibt). Den Witterungseinflüssen und der Feuchtigkeit vermag ein derartig gebrannter, poröser und loser Gyps nur wenig zu widerstehen, auch sind Härte und Festigkeit desselben weit geringer als die des rohen Gypssteines. Deshalb kann man diesen Gyps nur zu Stuckarbeiten im Innern von Gebäuden, zum Putz von Innenwänden, zur Herstellung von Rabitzwänden (siehe § 212) und Gypsdielen (siehe § 210) u. s. w. verwenden; er ist jedoch nicht brauchbar zu solchen Constructionen, von denen eine grössere Festigkeit verlangt wird, oder die dem Wetter ausgesetzt sind. Man nennt ihn **Stuck-** oder **Bildhauergyps**, auch wohl **Schnellgyps.**

Erfolgt die Erhitzung des Gypses bei einer etwas höheren Temperatur, so erhält man aus ihm bei Zugabe von Wasser einen ungemein schnell abbindenden Brei, der oft schon während des sofortigen Vergiessens erstarrt und sich hierbei so stark erhitzt, dass häufig die Leimformen zu schmelzen beginnen. Derartiger »hitzig« werdender Gyps ist als Baustoff nicht verwendbar.

Wählt man eine noch höhere Brenntemperatur (etwa 204° *C.*), so wird der Gyps todtgebrannt; er sintert zusammen und liefert bei Wasserzusatz nur eine schmierige, niemals erhärtende Masse; er ist also für Bauzwecke unverwerthbar, dagegen verwendet man ihn, fein gemahlen und geschlämmt, unter dem Namen Annalin in der Papierfabrikation als Zusatz zum Papierzeug.

*) Mit Benutzung der Abhandlungen von A. Meier in der »Deutschen Bauzeitung«, 1889, Nr. 69, und 1890, Nr. 25.

Brennt man jedoch den Gyps bei **voller Rothgluth** (400—500° *C.*), so verliert er vollständig sein Krystallwasser, wird dichter und schwerer. Solchen Gyps nennt man **Estrichboden- oder Mauergyps**, auch wohl **Gypskalk** oder **hydraulischen Gyps**. Er bindet mit wenig Wasser äusserst langsam ab, und erlangt seine vollständige Erhärtung erst nach Wochen, auch erstarrt er zu einer sehr harten Masse, wenn er vor Austrocknung geschützt wird. Estrichgyps wird ausserordentlich fest, ist wetterbeständig, besitzt hydraulische Eigenschaften, haftet sehr fest an Mauersteinen und treibt fast gar nicht während seiner Erhärtung. Geglühter Gyps eignet sich dieser vorzüglichen Eigenschaften wegen zu Estrichen, aber auch, weil er sich beliebig färben lässt, zur Bereitung von Kunststeinen, von Falzziegeln und Gussmauerwerk; er liefert sehr trockene Räume, wenn die aus ihm hergestellten Wände gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit gut isolirt werden.

Gyps löst sich bei 14° *C.* in 445 Theilen, bei 20·5° *C.* in 420 Theilen Wasser auf.

§ 200. Das Brennen des Gypses.

Die rohen Gypssteine werden zunächst zerkleinert. Dies geschieht entweder durch Handarbeit mittelst Hämmer oder durch Maschinenarbeit mittelst Stampfwerke, Walzwerke oder Steinbrechmaschinen. Handarbeit wird heutzutage, weil zu theuer, nur noch selten angewendet, Stampfwerke werden dagegen noch immer zu diesem Zwecke benutzt, obwohl sie den Uebelstand haben, dass sie sehr starke Erschütterungen hervorrufen, Walzwerke besitzen diesen Nachtheil nicht, und haben den weiteren Vortheil grösserer Leistungsfähigkeit, Steinbrechmaschinen finden in neuerer Zeit auch in Gypsbrennereien vielfache Verwendung und sind sehr zweckmässig.

Die Stampfwerke arbeiten mit senkrecht stehenden, aus gut ausgetrocknetem Ahorn-, Weissbuchen- oder Eichenholz gefertigten Stempeln, die durch an den Säulen oder dem Gestell des Stampfwerkes befestigte Scheiden geführt, mit gusseisernem Schuh an ihrem unteren Ende ausgestattet und durch eine Daumenwelle gehoben werden, worauf sie wieder herabfallen. Die Stempel stehen in einem aus mehreren Eichenholzstücken gefertigten, innen mit gusseisernen Platten verkleideten Stampftrog (Grubenstock), dessen Boden nach einer Seite hin geneigt ist. Der zerkleinerte Gyps schiebt sich nach und nach bis zu dem tiefer gelegenen Bodentheil hin und fällt hier in ein Sortirsieb. Oder es erhält der Boden des Troges einen gusseisernen Rost, durch dessen Oeffnungen der gestampfte Gyps hindurchfällt, um darauf mittelst einer unterhalb gelagerten Transportschraube nach dem Sortirsiebe befördert zu werden. (Vergl. § 88.)

Die Walzwerke werden in der verschiedensten Weise construirt. Ein recht empfehlenswerthes Walzwerk für Gypssteine fabricirt die Maschinenbauanstalt und Eisengiesserei von Eduard Laeis & Comp. zu Trier. Diese mit Riemenantrieb eingerichtete Walzenmühle zeigt Figur 374. Recht empfehlenswerth sind auch die von der Nienburger Maschinenfabrik in Nienburg a. S. gebauten Walzwerke, die zum Zerkleinern von Gyps viel Verwendung gefunden haben, sowie die Walzwerke von C. Schlickeysen in Berlin (vergl. § 88) u. s. w.

Die Steinbrechmaschinen werden mit Handbetrieb (bei den kleineren Nummern) oder mit Riemenantrieb, sowie auch mit unmittelbaren Dampfbetrieb

gebaut. Die kleinsten Maschinen erhalten ein Brechmaul von 100 *mm* Länge und 50 *mm* Breite; sie liefern bei einer Spaltweite von 25 *mm* in der Stunde 50 *kg* und bei einer solchen von 50 *mm* 100 *kg* zerkleinerten Stoff und erfordern zu ihrem Betriebe 1—2 Mann. Die grösseren, mit Riemenantrieb ausgestatteten Steinbrechmaschinen besitzen gewöhnlich ein Brechmaul von 200—800 *mm* Länge und von 100—500 *mm* Breite und brauchen bei 200 Umdrehungen der Antriebswelle in der Minute eine Betriebskraft von 2—20 Pferdestärken; sie liefern bei 25 *mm* Spaltweite 1000—8000 *kg*, bei 50 *mm* Spaltweite 2000—16000 *kg* Stoff. Die Maschinen mit unmittelbarem Dampfbetrieb haben zumeist ein Brechmaul von 320 oder 500 *mm* Länge und 200 oder 320 *mm* Breite, brauchen bei 200 Umdrehungen in der Minute 6, beziehungsweise 16 Pferdestärken und liefern in der Stunde bei 25 *mm* Spaltweite 2000, beziehungsweise 5000 *kg*, bei 50 *mm* Spaltweite 4000, beziehungsweise 10000 *kg* zerkleinerten Stoff. Die kleineren Steinbrechmaschinen mit Handbetrieb werden von den Fabriken auch fahrbar, die Dampfsteinbrecher auch locomobil mit Kessel geliefert.

Die zu zerkleinernden Stücke werden zwischen zwei, unter einem Winkel von etwa 20—27° zu einander geneigten, aus Hartguss oder Stahlguss hergestellten und häufig mit Furchen kantigen oder wellenförmigen Querschnittes versehenen, durch einen geeigneten Mechanismus in Schwingung versetzten, sogenannten Brechbacken zermalmt. Die Theilstücke verlassen das Brechmaul, d. h. den Raum zwischen den beiden Brechbacken an der untersten, engsten Stelle, dessen Spaltweite demnach die Maximalgrösse der Theilstücke bestimmt.

Grössere Verbreitung haben die Steinbrechmaschinen der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück, der Maschinenbau-Actiengesellschaft »Humboldt« in Kalk bei Köln a. Rh., von L. Schwarzkopff in Berlin, vom Krupp-Grusonwerk in Buckau-Magdeburg, von Ed. Laeis & Comp. in Trier u. s. w. gefunden.

Bei der Steinbrechmaschine von Laeis (Fig. 375) erfolgt das Zerbrechen zwischen zwei geriffelten Hartgussplatten, deren erste senkrecht in einem die Maschine tragenden Rahmen sitzt, während die andere an demselben ihr gegenüber am oberen Ende so aufgehangen ist, dass beide mit noch zwei Platten, die den Rahmen gegen Abnutzung schützen, einen Trichter bilden. Schwingt das untere Ende der aufgehangenen Hartgussplatte, so wird der in den Trichter geworfene Stoff zerdrückt und fällt durch den unteren Spalt ab. Um ein gröberes oder feineres Korn zu erhalten, lässt sich der Spalt, auch während des Betriebes, erweitern oder verengern. Die Hartgussplatten können umgedreht werden, wenn sie am unteren Ende, und ausgewechselt werden, wenn sie ganz abgenutzt sind. Das Schwingen der einen veranlasst ein auf der Betriebswelle sitzendes Excenter, das auf Kniehebel wirkt. Die Figur 375 zeigt eine grosse Steinbrechmaschine mit unmittelbarem Dampfbetrieb; dieselbe wird auch fahrbar mit Kessel ausgeführt. Die Maschinen von Ed. Laeis & Comp. in Trier haben ein Brechmaul von 200—640 *mm* Länge und 100—400 *mm* Breite, machen 200 oder 100 Umdrehungen in der Minute, erfordern je nach ihrer Grösse einen Kraftverbrauch von 2—20 Pferdekräften und zerkleinern pro Stunde 2000—40000 *kg* Stoff. (Weitere Mittheilungen über Steinbrechmaschinen findet man im § 88.)

Gypsbrennöfen. In einfachster Weise erfolgt das Brennen des zerkleinerten rohen Gypssteines — wie beim Kalk — in Gruben und Meilern. Gemahlenen Gyps brennt man auch bei geringerem Bedarf in Kesseln mit doppelten Böden und Dunstabzug oder in flachen Pfannen, wobei man das Brenngut beständig umrührt. Bessere Ergebnisse erzielt man jedoch beim Brennen in eigens construirten Oefen. Die nach Art der Kalköfen construirten Gypsbrennöfen werden aus Ziegelsteinen in Form eines Kegelstumpfes von etwa 3·5—4 *m* Höhe und 3—3·5 *m* unterem Durchmesser und möglichst an einem Bergabhange so gebaut, dass sich die Gicht in gleicher Höhe mit der Erdoberfläche befindet und man bequem zu dem unteren, etwa 55 *cm* breiten und 80 *cm* hohen Schürloch gelangen kann. Vor dem Beschicken des Ofens bildet man, wie bei den Kalköfen ähnlicher Construction, ein am Schürloch beginnendes und durch den ganzen Boden des Ofens gehendes Gewölbe, auf welches abwechselnde Schichten aus Brennstoff (Holz) und Gypsstücken aufgepackt werden, die man über der Gicht mit einem kegelförmigen Haufen von kleineren Gypsstücken bedeckt. Derartige Oefen verlangen eine 12—18 Stunden währende Feuerung.

Eine andere Construction, nämlich den Gypsofen von Minnich, zeigen die Figuren 376 und 377 (aus Mothes' »Illustrirtes Baulexikon«, 1883, Bd. II, S. 456). Auf der Langseite des Ofens befindet sich das Schürloch *a* für die Feuerung (den Rost) *b*, deren Flammen und Verbrennungsproducte den aus Eisenblech gefertigten, in den Ofen eingemauerten Cylinder *c* umziehen und dadurch das Krystallwasser aus dem Gyps austreiben, dessen Dämpfe durch ein besonderes Rohr *h* entweichen. In den Eisenblechcylinder werden durch den Schacht *d* die zerkleinerten rohen Gypsstücke eingeschüttet. Durch das Rad *f* und die Kurbel *e* (oder durch Riemenbetrieb) wird eine im Innern des Cylinders angeordnete archimedische Schraube gedreht, wobei der Gyps von einem Ende nach dem anderen bewegt wird. Der gebrannte Gyps fällt bei *i* heraus. Die Rauchgase entweichen bei *g*. Ein Nachtheil dieses Ofens ist, dass sich der Eisenblechcylinder im Feuer leicht wirft und dann Bewegungsstörungen der archimedischen Schraube herbeigeführt werden; auch lässt sich die Temperatur im Cylinder-Inneren schwer bestimmen, so dass

geschichtet, und es wird dann die Thüre geschlossen und an ihren Rändern mit Lehm gedichtet. Die Wasserdämpfe werden durch eine mit einem Schieber verschliessbare Oeffnung abgeleitet, die anfangs offen gehalten, später aber verschlossen wird. Der Ofen muss, sofern er erkaltet ist, vier bis fünf Stunden lang gefeuert werden; war er jedoch noch vom vorhergehenden Brande warm, so genügt eine Befeuerung von etwa drei Stunden. Sobald ein durch das Mundloch des Ofens in den Brennraum eingeschobenes, kaltes Metallstück nicht mehr nass wird, ist der Brand des Gypses vollendet. Bevor der Gyps herausgezogen wird, hält man den Ofen nach Beendigung der Feuerung noch längere, durch Probiren zu bestimmende Zeit geschlossen. Solche Flachöfen haben sich gut bewährt; sie liefern eine tadellose Gypsmasse, weil dieselbe weder mit der Flamme, noch mit dem Brennstoff in Berührung kommt.

Noch empfehlenswerther ist der Gypsofen von Otto Bock in Berlin, welcher sich ganz besonders zum Brennen von Stuck- und Formengyps eignet. Je nach Bedarf besteht derselbe aus zwei oder mehreren, in einer Reihe nebeneinander gebauten und durch Wände von einander geschiedenen Oefen. Die Figuren 378—380 stellen zwei mit einander verbundene Oefen dar. Die rohen Gypsstücke werden auf einzelne Horden gelegt, die wieder auf eiserne Wagen gestellt werden, von denen immer je zwei gemeinschaftlich in jeden Ofen eingefahren werden. Die Rauchgase kommen auch hier mit dem Brenngut nicht in Berührung, sondern umspielen den Brennraum durch die in Figur 378 sichtbaren Canäle. Ueber dem Brennraum befindet sich ein backofenähnlicher Raum, den man zum Brennen von minderwerthigem Gyps für Mauerungen (sogenannten Sparkalk) benutzen kann. Die wirkliche Brennzeit beträgt nur drei bis vier Stunden. Sobald die dem betreffenden Gypssteine genau entsprechende und von aussen an einem Thermometer ablesbare Temperatur erreicht ist, bleibt der Ofen behufs Vertheilung der Wärme 30—36 Stunden lang stehen, nach welcher Zeit der ganze Einsatz vollständig gleichmässig gebrannt ist. Jeder Ofen kann in der Woche dreimal geleert werden und liefert dann etwa 8000—9000 *kg* Gyps und etwa 1500 *kg* Sparkalk. Findet ein so schneller Wechsel der Wagen statt, dass eine Abkühlung des Ofens bis zum Wiederanheizen nicht eintritt, so braucht man zu einer Füllung nur etwa 350 *kg* Steinkohlen, im anderen Falle steigt der Verbrauch bis auf 500 *kg*.

Zum continuirlichen Brennen von Gyps hat man auch Oefen mit Vortheil benutzt, welche nach dem Princip der Rüdersdorfer Kalköfen, jedoch in weit geringeren Abmessungen, construirt waren. Auch der im § 92 beschriebene Bock'sche Ringofen eignet sich zum Gypsbrennen sehr gut. Andere bewährte Ofenconstructionen sind die von Scanegatty, Dusmenil, Ramdohr u. A., in denen der Feuerraum vom Brennraum durch ein Gewölbe getrennt, also der Gyps gegen die unmittelbare Einwirkung des Feuers geschützt ist und demgemäss weit gleichmässiger gebrannt wird.

Um vollständig weissen Gyps zu erhalten, der frei ist von allem Kohlenstaub, benutzt Violet zum Brennen von pulverisirtem Gyps überhitzten Wasserdampf. Der in einem Dampfkessel erzeugte Dampf von $\frac{1}{2}$ Atmosphäre Spannung wird zunächst durch ein Röhrensystem, in welchem er bis auf etwa $+ 200^0$ *C.* erhitzt wird, und dann durch den Gypsofen geleitet, wobei er dem Gyps das chemisch gebundene Wasser entzieht. Aus

dem Ofen, welcher aus zwei eiförmigen Behältern besteht, die mit dem Dampfkessel so verbunden werden können, dass erst der eine, dann der andere als Vorwärmer dient, gelangt der Dampf ins Freie oder wird zu anderweitiger Verwendung fortgeleitet. Zum Brennen von 1 m^3 rohem Gyps gebraucht man nur etwa 350 *kg* Dampf oder bei zweckmässiger Dampfkesselfeuerung höchstens etwa 50 *kg* Steinkohle.

Wird Gyps mit Kohle geglüht, so entsteht auf seiner Oberfläche Schwefelcalcium.

Zerkleinern und Mahlen des gebrannten Gypses. Der gebrannte Gyps wird wie der rohe durch Handhämmer oder mittelst der bereits beschriebenen Stampfwerke oder Walzwerke zerkleinert und durch Drahtsiebe von 2—4 *mm* Maschenweite sortirt. Hierauf wird er in Kollergängen oder Glockenmühlen, d. h. entweder zwischen stehenden Steinen oder zwischen liegenden Steinen oder in Mühlen, die nach Art der Kaffeemühlen oder der gewöhnlichen Mahlmühlen für Getreide construirt sind, oder in drehbaren Trommeln, in denen Metallkugeln liegen, gemahlen und schliesslich auf Plansieben, die eine rüttelnde Bewegung erhalten, oder auf rotirenden Siebmaschinen gesiebt oder gebeutelt.

Einen Kollergang nach dem Patent von Villeroy & Boch in Mettlach zeigt Figur 381. Dieser besitzt zu beiden Seiten der Läufer Lagerungen, die durch einen Rahmen vom Königsbaum gehalten werden; der Rahmen umfasst die Läufer, welche leicht auswechselbare Ringe aus Hartguss haben und sich in einem Teller aus demselben Stoff bewegen. Durch besondere Apparate wird der Gyps unter die Läufer gebracht und das Aufkratzen desselben besorgt. Der Antrieb erfolgt von oben. Diese Kollergänge zeichnen sich durch eine grosse Leistungsfähigkeit aus, weil man die Läufer rasch in Umdrehung versetzen kann, ferner durch Verminderung der durch Abnutzung veranlassten Ausbesserungskosten und durch grössere Betriebssicherheit, da der erwähnte Rahmen das Abrollen der Läufer vom Teller bei Achsbrüchen verhindert. Die Läufer erhalten einen Durchmesser von 1·0—1·8 *m*, eine Breite von 0·3—0·45 *m* und ein Gewicht von 1000—5000 *kg*. Die Riemenscheiben machen 70—100 Umdrehungen in der Minute und die Bewegung der Läufer erfordert je nach der Grösse derselben 5—15 Pferdestärken.

Ed. Laeis & Comp. in Trier baut auch Kollergänge mit rotirendem Teller und unterem oder oberem Antrieb zum Zerkleinern von feuchten Stoffen, für welche die vorbesprochene Construction nicht verwendbar ist, weil ihre Leistungsfähigkeit durch unvermeidliche Kuchenbildung sehr beeinträchtigt wird. Bei den Laeis'schen Kollergängen liegen die Läufer unabhängig von einander innerhalb eines an Ständern befestigten Rahmens, in welchem sich die Läuferachsenlager so führen, dass jeder der ersten sich beim Unterschieben grösserer Stücke heben kann, ohne dass der andere dadurch berührt wird. (Siehe Fig. 373.)

Sehr empfehlenswerth sind endlich die Kugelkollerwerke, die sich auch für feuchtes Mahlgut eignen, wenig Kraft zu ihrem Betriebe erfordern und wenig Ausbesserungskosten veranlassen. In Figur 382 ist ein Kugelkollerwerk von E. Villeroy (D. R. P. Nr. 31804) dargestellt; dasselbe besteht in der Hauptsache aus der Grundplatte mit Königsbaum, den Tragrollen für den Teller und zwei Lagern für die Vorlegeachse, dem mit Zahnkranz und

Schabern versehenen und mit Sieb umspannten Teller, der Kugel mit Sicherheitsführung und den an letzterer angebrachten Zu- und Abstreifern, ferner aus dem unter dem Sieb angebrachten Sammelteller und einer Vorgelegewelle mit conischem Trieb, Stellringen, sowie fester und loser Riemenscheibe von 900 *mm* Durchmesser, 130 *mm* Breite und mit einer Tourenzahl von 120 pro Minute. Die Kugel erhält einen Durchmesser von 830 *mm* und ein Gewicht von 1000—2200 *kg*; der Kraftbedarf beträgt im Mittel 5 Pferdestärken bei der schwersten Kugel.

Kennzeichnen der Güte des gebrannten Gypses. Gut gebrannter Gyps lässt sich leicht pulverisiren, zeigt etwas Fettigkeit und fühlt sich, in der Hand gedrückt und gerieben, etwas feucht an; schlechter Gyps dagegen erscheint rauh und trocken und bleibt zum Theil an den Fingern hängen, wenn man ihn in die Hand nimmt und zusammendrückt. Gyps, der längere Zeit an feuchter Luft gelegen hat (abgestanden ist), besitzt nur eine geringe Bindekraft, und falls er bereits vor dem Brennen gemahlen wurde, so verdirbt er, der Feuchtigkeit ausgesetzt, besonders leicht.

Wenn man einen bereits vollständig erhärteten Mörtel aus gutem Gyps und Wasser pulverisirt und dieses Pulver mit Wasser zu einem Teige anrührt, so erhärtet die Masse zum zweiten Male. Dieses Verfahren lässt sich um so öfter wiederholen, je besser der Gyps ist.

Gewicht und Festigkeit. 1 *hl* roher Gyps wiegt 130—140 *kg*, 1 *hl* gebrannter und gemahlener Gyps lose 96—120 *kg* und fest zusammengedrückt bis 146 *kg*, 1 *hl* gegossener Gyps frisch 135 *kg* und getrocknet 104 *kg*. Bei den schweizerischen Gypssorten schwankte (nach den Untersuchungen von Prof. Tetmajer) das Gewicht des gebrannten Gypses für das Hektoliter zwischen 74—88 *kg* bei loser und zwischen 114—167 *kg* bei zusammengerüttelter Masse. Das specifische Gewicht betrug 2·55—2·87, die Bindezeit $4\frac{1}{2}$—20 Minuten, die zur Herstellung eines Breies von Normalconsistenz nothwendige Wassermenge 48—72% und die Temperaturerhöhung beim Anmachen 7·3 bis 24·2° *C*.

Die Zugfestigkeit des erhärteten Schweizer Gypses fand Tetmajer im Durchschnitt nach 7 Tagen zu 11·8 *kg*, nach 28 Tagen zu 19·3 *kg* und nach 84 Tagen zu 23·1 *kg*, die mittlere Druckfestigkeit nach 7 Tagen zu 55·6 *kg*, nach 28 Tagen zu 83·2 *kg* und nach 84 Tagen zu 127 *kg* für das Quadratcentimeter.

§ 201. Beschleunigung und Verzögerung des Erhärtens.

Als Mittel zur schnelleren Erhärtung des Gypsmörtels zur Erhöhung seiner Dauerhaftigkeit und Vermehrung seiner Härte werden die folgenden empfohlen:

1. Tränkung des gebrannten Gypses mit einer Lösung von 1 Theil Alaun in 12—13 Theilen Wasser, nach dem Trocknen nochmaliges Brennen bei Rothgluthhitze und Anrühren des Gypspulvers mit einer gleich starken Alaunlösung. Die aus dieser Masse gefertigten Gegenstände lassen sich mit feuchter Leinwand poliren. Man nennt diese Masse in England Keene's Marmorcement.

2. Eintauchen in Alaunlösung und nachheriges Trocknen in der Wärme Dieses Mittel besitzt den Nachtheil, dass der Gyps (Stuck) fleckig und sehr hygroskopisch wird.

3. Tränkung mit sehr dünner Kalkmilch und spätere Behandlung mit den im § 83 näher beschriebenen Kessler'schen Fluo-Silicaten.

4. Anmachen des Gypsmehles mit saurer Milch oder Sauerkleesalz.

5. Tränkung des gebrannten Gypses mit stark verdünnter Schwefelsäure (1 Theil Schwefelsäure mit 10—12 Theilen Wasser) und nochmaliges Brennen bei Rothgluthhitze.

6. Zusatz von 10% Kalk; erhöht die Wetterbeständigkeit.

7. Zusatz von 6% Alaun und 6% Salmiak; diese Beimengungen vermehren die Härte des Gypses.

8. Mehrmaliges Eintauchen in Wasser sogleich nach der Erstarrung des Gypses; vergrössert ebenfalls die Härte.

9. Anmachen des Gypspulvers mit weinsaurem Natronkali oder mit Seignettesalz.

10. Tränkung mit Gummi arabicum.

Als Mittel zur Verzögerung des Abbindens dienen die folgenden:

1. Eine Mischung von 8 Raumtheilen Gyps mit 5 Raumtheilen dünnem warmem Leimwasser verzögert den Beginn des Abbindens um 20 Minuten, das Erhärten um 30—40 Minuten. Nach 10 Stunden ist diese Masse (Leimgyps) noch so weich, dass sie sich mit dem Messer schneiden lässt. Nach 11 Stunden kann man sie noch mit der Feile bearbeiten. Später erreicht sie jedoch eine grosse Härte. Ein Zusatz von Leim zum Anmachewasser bewirkt eine dichte Lagerung des Gypses, es ist daher für Leimgyps eine grössere Menge Gypspulver (ungefähr die doppelte) erforderlich als für dasselbe Volumen gewöhnlichen Gypsmörtels.

2. Eine Mischung von 1 Raumtheil concentrirter Boraxlösung, 12 Theilen Wasser und 24 Theilen Gypspulver verzögert die Erhärtung um etwa 15 Minuten. Nimmt man $1\frac{1}{2}$ Raumtheile Boraxlösung, so beträgt die Verzögerung 50 Minuten, bei Zugabe von 3 Raumtheilen 3—5 Stunden, bei 6 Theilen 7—10 Stunden und bei 12 Theilen 10—12 Stunden.

3. Anmachen des Gypspulvers mit Wasser, dem 2—2·5% Alkohol zugesetzt sind. Die aus dieser Masse gefertigten Abgüsse besitzen eine grosse

6. Zusatz von Kalkwasser; dasselbe verursacht eine lockere Lagerung des Gypses.

Kessler empfiehlt zum Härten von frischen Gypsgegenständen die Behandlung derselben mittels Gypsfluat, welches die Farbe des Gypses nicht verändert und beim späteren Anstrich der Gypssachen mit Oelfarbe den ersten Anstrich unnöthig macht. (Vergl. § 83.)

§ 202. Verschiedenes.

Wenn Gypsbrei im Abbinden begriffen ist, darf ihm Wasser nicht mehr zugesetzt werden, weil er dann nicht weiter abbinden würde.

Solchen Gyps nennt man todt.

Um aus irdenen Gefässen, die zum Anmachen von Gypsbrei gedient haben, die erhärtete Gypsmasse wieder zu entfernen, giesst man in dieselben eine schwache Salzsäurelösung und lässt dieselbe einige Stunden auf den Gyps einwirken. Letzterer löst sich dann in der Säure so weit auf, dass er von den Wänden des Gefässes von selbst abfällt oder doch wenigstens mit Leichtigkeit abzuheben ist. Auch löst sich erhärteter Gyps in Kochsalzlösung.

Ein Zusatz von Wasserglaslösung zu schwach gebranntem (Stuck-) Gyps erzeugt Stocken und beim Austrocknen starke Auswitterung von Kali- oder Natriumsulfat, eignet sich also nicht zur Imprägnirung solcher Gypsgegenstände.

Bei stark gebranntem (Estrich-) Gyps oder wasserfreiem Gyps (Anhydrid) hat man jedoch Wasserglas bereits mit einigem Erfolge verwendet, namentlich bei Benutzung einer Mischung von Kaliwasserglas mit Caseïnkali, durch welche eine grössere Härte des Gypses erzielt wird.

Vermischt man Gyps mit Cement, so erhält man zwar zunächst eine recht feste Masse, aber sehr bald entstehen in Folge Einwirkung der Schwefelsäure des Gypses auf die kieselsauren Verbindungen des Cements, vielleicht auch durch das starke Quellen des Gypses, viele Risse.

Ungebrannter Gyps (Marienglas) mit der gleichen Menge neutralen schwefelsauren Kalis vermischt und dann mit Wasser zu einem Brei angerührt, erhärtet schneller als gebrannter Gyps mit Wasser.

Verwendungen des Gypses.

§ 203. Gypsmörtel und Gypsputz.

Ungebrannter pulverisirter Gyps wird in der Landwirthschaft zum Düngen verwendet. Behandelt man denselben mit Kohle oder schwefelsaurem Eisenoxyd, schwefelsaurem Eisenoxydul und etwas freier Schwefelsäure, so erhält man ein gutes Desinfectionsmittel. (Desinfectionsmittel von Lüder und Leidloff in Dresden.)

Aus gebranntem Gyps mit Wasser und mit oder ohne andere Stoffe bereitet man Mörtel, Putz, Beton, künstliche Steine, Stuck, Kunstmarmor, Estriche, Gypsdielen (Schilfbretter), Rabitzwände, Spreutafeln u. s. w.

a) Gypsmörtel und Gypsputz. Fein gemahlenes Gypspulver kann zur Mörtelbildung nicht verwendet werden, weil es beim Anrühren mit Wasser fast sofort erhärtet. Am geeignetsten erscheint ein Gypspulver mit einem Korn von der ungefähren Grösse der im groben Bausande vorkommenden

Quarzstückchen. Um eine ungleichmässige Wasseraufnahme und die Bildung von Luftblasen zu vermeiden, ist das Wasser unter ruhigem und gleichmässigem Umrühren des Gypspulvers und nur in solcher Menge hinzuzusetzen, als zur Bildung eines möglichst gleichmässigen, nicht zu dünnen Teiges unbedingt erforderlich ist. Erfolgt das Anmachen des Gypsmörtels mit einer grösseren Wassermenge, so wird die Masse nach ihrer Erhärtung poröser und weniger fest, weil sie nach dem Verdunsten des Wassers ihr Volumen nicht verändert. Nimmt man zur Mörtelbereitung eine geringere Wassermenge, so wird zwar der Mörtel fester, jedoch erhärtet er schneller und wird dadurch für manche Arbeiten unverwendbar oder wenigstens unbequem.

Man erhält einen dickflüssigen Mörtel aus 8 Theilen Gyps und 5 Theilen Wasser und einen dünnflüssigen aus 8 Theilen Gyps und 11 Theilen Wasser; ersteres Gemenge giebt 6 Theile Mörtel.

Der Gypsmörtel ist möglichst schnell nach dem »Anmachen« und vor Beginn des Abbindens zu verwenden; es empfiehlt sich daher, ihn in kleinen Mengen zu bereiten und sofort zu benutzen.

Gypsmörtel lässt sich noch bei einer Kälte von etwa 10° *C.* ohne Schaden verarbeiten. Man benutzt ihn allein oder mit Kalk, Sand oder feingemahlener Hochofenschlacke vermischt zum Mauern und, weil er schnell abbindet und rasch trocknet, namentlich zur Aufführung von Gewölben. Bewährt hat sich hierzu ein Gemenge aus 1 Theil Gyps und $^1/_3$ Theil Kalkmörtel, welcher mit feinem Sand zubereitet ist.

Die Verwendung des Gypses zum Aufmauern von Wänden u. s. w. ist eine sehr alte; die seit dem Jahre 1350 in Trümmern liegende Burg bei Osterode im Harz ist nur in Gypsmörtel erbaut worden, und noch heute haften die Steine durch den Mörtel so fest aneinander, dass sie nur schwer mit dem Hammer von einander zu trennen sind.

Weit häufiger aber ist die Verwendung des Gypsmörtels zum Wand- und Deckenputz. Für ersteren wählt man gern eine Mischung von 3 Raumtheilen Kalk, 1 Theil Gyps und $4^1/_2$ Theilen feinem, weissem Sand (Gypskalk) und für Deckenputz ein Gemenge aus 2 Raumtheilen Gyps mit 1 Theil Sand (ohne Kalk). Man erhält glatte Wandflächen und Decken, wenn man die mit Gyps und Leimwasser geputzte Fläche erst mit Bimsstein, dann mit feinem Sandstein, hierauf mit Tripel und dem Filzstöckchen und endlich mit Leinwand abreibt, auch wohl unter Benutzung von Seifenwasser abschleift. Das Polieren erfolgt mit Hilfe eines mit Oel oder Wachslösung getränkten wollenen Lappens.

Eine glänzende Wandfläche wird auch durch Anwendung des sogenannten Weissstuckputzes erzielt. Nachdem die Fläche mit gewöhnlichem Kalkmörtel abgeputzt worden und letzterer vollständig getrocknet ist, wird eine aus feingesiebtem Kalk unter Zusatz von 10% feinem Sand oder Marmorstaub und Gypsbrei bestehende Masse zwei- bis dreimal in einer Stärke von je 1 *mm* mittelst einer stählernen Reibeplatte aufgetragen, glatt gerieben und unter Benetzen mit Wasser abgespachtelt, dann von dem anhaftenden Schlamme gereinigt und entweder so gelassen oder nach vollständiger Austrocknung bemalt oder mit Leimwasser getränkt und mit Wachspolitur versehen. (Siehe Hüttmann, »Der Gypser als Cementirer, Tüncher und Stuccateur«, Weimar 1886.)

Zur Befestigung des Gypsmörtels an die Decken benutzt man entweder eine aus losen Rohrstengeln, geglühtem Draht und Drahtstiften hergestellte Berohrung, in deren Vertiefungen sich der Putz leicht fest anhängt, oder besser ein mattenartiges, aus parallel nebeneinanderliegenden Rohrstengeln und Draht gefertigtes Gewebe (siehe § 277), oder $2^1/_2$ *cm* dicke, nach oben etwas abgeschrägte Latten (Pliesterlatten), die in Zwischenräumen von $2^1/_2$ *cm* an die untere Seite der Deckenbalken genagelt werden, oder dünne Lättchen (Spalierlättchen), die über stärkere Latten (Contrelatten) gestreckt und an die Balken befestigt werden.

Nicht anwendbar ist Gypsputz auf feuchten Wänden und Decken, weil er dann niemals trocken wird, sondern »ersäuft« und allmälig seine Bindekraft einbüsst.

Kommt Gypsmörtel mit Eisen (Drähten, Nägeln, Schrauben u. s. w.) in Berührung, so findet durch die Einwirkung der im Gyps noch vorhandenen Schwefelsäure eine Oxydirung des Eisens statt, welche bis zu einem gewissen Grade zwar erwünscht ist, jedoch, wenn sie zu weit geht, eine vollständige Zerstörung des Metalles herbeiführt. Letztere ist namentlich dann zu befürchten, wenn der Gyps nicht schnell trocknen kann.

§ 204. Gypsbeton, Gypsgussmauerwerk, Gypsgesimse, künstliche Steine.

b) Gypsbeton (Gypspisébau, Gypsmauerwerk). Eine aus scharf gebranntem und gemahlenem Gyps (am besten Osteroder), reinem, scharfkörnigem Sand oder Grand oder Flusskiesel und anderen erdefreien Steinen, Bruchsteinabfällen, kleingeschlagenen, hartgebrannten Ziegelsteinen u. s. w. und Wasser bereitete Masse verwendet man nicht nur zur Herstellung einzelner, voller oder auch hohler Wände, (Zwischenwände und Einfriedigungsmauern), sondern auch zum Bau vollständiger Häuser, Dampfschornsteine u. s. w., und zwar besonders im Harz und in der Umgegend von Paris.

Das Bauen geschieht gewöhnlich in der Weise, dass man die (feste oder bewegliche) Form zuerst mit den Steinstücken füllt und dann die Zwischenräume mit einer Mischung aus 2 Theilen Gyps, 1 Theil Sand und $1^1/_2$ Theilen Fluss- oder Regenwasser ausgiesst. Bei Verwendung von beweglichen Formen drückt man nach ihrer Ausfüllung mit Gypsbeton grössere Steinstücke in die noch weiche Masse, so dass die Steine zur Hälfte vorstehen. Hierdurch erhält man eine gute Verbindung mit der nächstfolgenden Betonschicht. Bei Schornsteinen empfiehlt sich die Anordnung eines Backsteinfutters, bei Sockeln und Einfriedigungsmauern eine Abdeckung mit Ziegeln oder Sandsteinen. Die Gypsbetonmauern müssen durch eine gute Isolirung gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit sorgfältig geschützt werden. Das Fundament wird zweckmässig aus Bruchsteinen in hydraulischem Mörtel oder aus Cementbeton hergestellt.

Derartiges Gussmauerwerk (auch Annalith genannt) zeichnet sich durch grosse Wetterbeständigkeit und Haltbarkeit aus.

c) Künstliche Steine. Man kann auch Gypsbeton benutzen zur Herstellung von grösseren, profilirten oder unprofilirten Werkstücken, z. B. Quadern, Fenstersohlbänken, Thür- und Fenstergewänden, Gesimsen, Sockeln u. s. w., auch von kleineren Steinen im Formate oder Doppelformate der

Ziegel, indem man die Masse in entsprechend construirte Formen giesst. Solche Steine besitzen eine ziemlich grosse Festigkeit und Dauerhaftigkeit; sie können mit Erdfarben beliebig und selbst in den zartesten Tönen gefärbt werden, weil sich der Gyps gegen solche Farbstoffe vollständig neutral verhält und eine reinweisse Farbe besitzt.

Um sehr harte und wetterbeständige Gypssteine zu erhalten, empfiehlt Fissot, die Quader aus rohem Gypsstein zu formen und zu brennen, nach dem Brennen und Abkühlen 30 Secunden lang in Wasser zu legen, dann einige Secunden der Luft auszusetzen, nochmals 1—2 Minuten lang in Wasser zu tauchen und endlich an der Luft zu trocknen.

Dusmenil fertigt künstliche Steine (auch Hohlsteine) und Platten aus Gyps mit einem Zusatz von wenig Kalk, Alaun und Leim. Dieselben lassen sich in beliebiger Weise färben. Wird dieser Mischung noch Sand hinzugesetzt, so erhält man einen guten Mörtel.

Erwähnenswerth sind ferner die sogenannten Platras. Dies sind Trümmerstücke von alten, aus gutem Gyps hergestellten Mauern und werden z. B. in Frankreich wegen ihrer Leichtigkeit zum Ausmauern von Fachwerkswänden oder zum Bau von wenig belasteten, der Feuchtigkeit nicht ausgesetzten Mauern benutzt, ferner zur Herstellung von Fliesen, die in Paris eine Länge von 48 *cm*, eine Breite von 32 *cm* und eine Dicke von 5—16 *cm* (meistens jedoch von 8 *cm*) erhalten, u. s. w. Die Fliesen werden aus einem Brei von Gypsmörtel und Platras in Formen bereitet.

Aus einem Gemenge von $^1/_3$ Gyps und $^2/_3$ Ziegelmehl stellt man in einigen Gegenden Frankreichs u. s. w. quadratische Ziegeln von 33—40 *cm* Seitenlänge, sowie mit Falz und Nuth am Rande her und verbindet dieselben mit Gypsmörtel, der in den Falz eingestrichen wird. Auch hohle Fliesen hat man aus Gypsmörtel bereitet und zum Ausmauern von Scheidewänden benutzt; neben grosser Leichtigkeit besitzen sie noch den Vorzug ziemlicher Schallsicherheit und geringer Wärmedurchlässigkeit.

d) Gypsgesimse. Kleinere Gesimse werden vollständig aus Gypsmörtel hergestellt und mit einer Schablone gezogen. Ist die Ausladung aber eine grössere, so wird das Gesims mit Ziegeln vorgemauert, oder es wird ein Holzkern an der Mauer angebracht und berohrt oder ein Rohrbündel durch grosse Nägel an der Wand befestigt und auf die Unterlage zunächst grober Kalkmörtel, dann feiner, aus Kalk und Gyps bereiteter Mörtel und endlich reiner Gypsmörtel aufgebracht und mit einer Schablone ausgezogen.

Zu glatten Gesimsen wählt man meistens eine Mischung von 1 Theil Gyps und 1 Theil Kalk (ohne Sandzusatz).

e) Eingypsen von Haken und Bolzen. Zur Befestigung von Haken und Bolzen im Mauerwerk wird Gypsmörtel ebenfalls mit Vortheil verwendet.

§ 205. Gypsstuck.

f) Gypsstuck. Zu Stuckarbeiten ist Gyps vorzüglich geeignet; nicht nur dringt derselbe in dünnflüssigem Zustande in die feinsten Vertiefungen der Formen ein, sondern füllt dieselben auch gut aus, weil er sich beim Erhärten durchschnittlich um etwa $^1/_5$ Procent der Länge ausdehnt (»treibt«); sodann bleibt der Gyps, weil er beim Verdunsten des Wassers sein Volumen

nicht vermindert, nach dem Trocknen frei von Rissen, und endlich gestattet seine weisse Grundfarbe eine beliebige Färbung.

Man wählt zu Stucksachen am besten einen schwach gebrannten, frischen, rein weissen, lockeren und feingemahlenen Gyps und nimmt gewöhnlich auf 1 Gewichtstheil Gypsmehl $2^1/_2$ Gewichtstheile Wasser. In grösserer Menge wird das Wasser zugesetzt, wenn man das Treiben vermindern will, was übrigens auch durch einen kleinen Zusatz von Aetzkalk erreicht werden kann, oder falls man den Gypsbrei zum Abgiessen kleiner Gegenstände verwenden will, und in geringerer Menge, wenn es sich um den Abguss eines grösseren Gegenstandes handelt.

Der Gyps ist vor seiner Verwendung zu prüfen, um das Verderben kostbarer Modelle und Formen zu verhüten. Nach Uhlenhuth*) ist ein Gyps zu Abgüssen geeignet, wenn er beim Einrühren nicht schwer zu Boden fällt und sich das Wasser nicht abscheidet; der Gyps soll vielmehr das Wasser ganz langsam und allmälig anziehen und binden, sich dabei bequem streichen und bewegen lassen und nach dem Erstarren nicht kalt werden, sondern sich vielmehr deutlich erwärmen. Die Erhitzung beim Abbinden ist nämlich ein sicheres Zeichen der Frische und Güte des Gypses und der einzig sichere Beweis, dass der Gyps die richtige Wassermenge chemisch gebunden hat; sie ist umso stärker, je dicker der Gypsbrei angemacht wurde. Schlechtgebrannter Gyps und solcher, der längere Zeit an der Luft gelegen und dabei schon Wasser angezogen hat, besitzt eine geringe Bindekraft, erhitzt sich nicht und ist zu Stuckarbeiten nicht brauchbar.

Die Modelle zu diesen Stucksachen werden aus Thon, Gyps (häufig mit geringem Kalkzusatz), Holz, Metall, Wachs u. s. w. hergestellt und mit Oel, Schellacklösung, Seife u. s. w. vor dem Abguss bestrichen oder auch nur angefeuchtet, damit der zum Abformen verwendete Gyps nicht an ihnen haften bleibt. Die Flächen der Modelle dürfen nicht porös sein, weil sie sonst das im Gypsbrei enthaltene Wasser ansaugen und dadurch Luftblasen im Gyps erzeugen.

Soll ein Modell nur einseitig abgeformt, also z. B. eine Reliefplatte hergestellt werden, so legt man dasselbe mit der Rückseite auf eine feste Unterlage (z. B. auf ein Brett oder eine Metallplatte) und umgiebt es mit einem aus Thon gefertigten erhöhten Rande; dann wird der Gypsbrei übergegossen, welcher nach seiner Erhärtung die Form für den späteren Abguss darstellt. Sobald der Gyps erstarrt ist, kann man die Unterlage entfernen und das Modell herausnehmen. Ist ein Modell allseitig abzuformen, so muss der Gypsüberzug nach seiner Erhärtung an geeigneten Stellen zerschnitten werden, um einen Theil der Form aufheben und dann das Modell herausnehmen zu können, oder man formt nacheinander stückweise alle Theile des Modelles ab und vereinigt die einzelnen Stücke mittelst eines Gypsmantels. Die Formen werden innen angenässt oder eingeölt. Wird Gyps in eine eingefettete Form gegossen, so erhält die Oberfläche des Abgusses eine Fettseifenschicht von grauer Farbe und schmutzigem Ansehen, und es bildet der Gyps mit dem Oel eine Kalkseife, die allmälig eine ziemlich grosse Härte erlangt und das Nacharbeiten der Oberfläche, das Abreiben mit feinem Sand-

*) Ed. Uhlenhuth, »Vollständige Anleitung zum Formen und Giessen u. s. w.«, 1886, 2. Aufl., S. 8 ff. — Wien, A. Hartleben's Verlag.

papier u. s. w. recht erschwert oder sogar ganz unmöglich macht. Eine vollständig reine Oberfläche erhält man aber bei Anwendung des sogenannten Wassergusses, d. h. wenn man Gyps in eine tropfnasse Gypsform giesst.

Ist nur ein Abguss erforderlich, so wird die Form durch Zerbrechen abgelöst; man nennt sie dann eine »verlorene Form«.

Will man jedoch mit derselben Form mehrere Abgüsse anfertigen, so wird sie entweder vor oder nach dem Herausnehmen des Modelles, zuweilen sogar erst nach Fertigstellung des ersten Abgusses vorsichtig in mehrere Stücke getheilt, deren Anzahl, Grösse und Gestalt so zu bestimmen ist, dass diese Stücke leicht abgenommen werden können und eine Verschiebung derselben nicht stattfindet. Meistens erhalten diese Stücke die Gestalt eines Kegels; man nennt sie Keilformen. Die einzelnen Stücke steckt man in eine, ebenfalls aus Gyps gefertigte, jedoch nur aus wenigen Theilen bestehende Kapsel, die Formkappe genannt wird. Soll die Form jedoch aus einem Stücke bestehen, so verwendet man verkohlbare Modelle und übergiesst dieselben mit einem Brei von Gypsmehl, feingemahlenem Ziegelstein und Thon und glüht dann das Ganze, bis das Modell ganz verbrannt ist.

Ausser aus Gyps stellt man die Formen auch aus Leimmasse, Schwefel, Guttapercha oder aus einem Gemenge von 6 Theilen Wachs, 2 Theilen Stearin, 2 Theilen Asphalt und 1 Theil Talg, sowie aus Metall u. s. w. her. Leim gilt nach dem Gyps als die beste Formmasse, weil er alle Einzelnheiten des Modelles mit aller Schärfe und sogar den Glanz der Fläche wiedergiebt und wiederholt verwendet werden kann. Man benutzt Leimformen zur Herstellung reich ornamentirter Stucksachen, wie Kapitäle, Friese, Console, Rosetten, Gesimsstücke u. s. w. Schwefelformen liefern ebenfalls scharfe Abgüsse und besitzen eine grosse Dauer, so dass man bei sorgfältiger Behandlung mittelst einer einzigen Form 80—100 Abgüsse herstellen kann.

Harzformen aus der obigen Mischung geben z. B. die feinsten Schraffirungen gravirter Platten wieder und widerstehen gut den Säuren der galvanischen Bäder. Metallformen benutzt man gern zur Erzeugung von sehr flach erhabenen Stuckgegenständen. Sehr scharfe Contouren werden auch erzielt, wenn man den Formgyps mit Schwefel vermengt.

Aeusserst harte und politurfähige Gegenstände erhält man (nach dem Verfahren von Abate), wenn man den gebrannten Gyps in einer um ihre Achse drehbaren Trommel mit Wasserdampf sättigt, ihn dann in die Formen füllt und die Masse mit einer hydraulischen Presse kräftig zusammendrückt. Durch die Wasserdampfaufnahme wird das Gewicht des Gypses nach und nach um etwa 28% vergrössert.

Als Schutzmittel gegen die Witterungseinflüsse wird empfohlen, die erwärmten Gypsstücke mit einer heissen Mischung von 3 Theilen Leinölfirniss und 1 Theil weissem Wachs zu überziehen, oder sie mit heissem Leinöl zu tränken und darauf mit Oelfarbe anzustreichen und diesen Anstrich von Zeit zu Zeit zu erneuern, oder sie mit Schwefelbalsam, welcher aus fetten und flüchtigen Oelen, in denen Schwefel aufgelöst ist (z. B. aus 160° warmem Leinöl und etwa 10% Schwefel), bereitet wird, zu imprägniren, oder sie zu bronziren (siehe § 265), oder dem Gypsbrei Eisenfeilspäne (etwa $^1/_{10}$—$^1/_{15}$ von dem Gewichte des Gypses) hinzuzusetzen. Einen rein weissen Anstrich erhält man aus weisser Oelfarbe mit Firniss oder durch Auftragen von Zinkweiss mittelst

Stärkekleisters auf die vorher mit Milch getränkte Gypsfläche, einen matten Oelanstrich mittelst einer Firnissfarbe, der wenig in Terpentinöl gelöstes Wachs beigemengt wird, eine perlmutterartig schillernde, atlasglänzende Oberfläche, wenn man 1 Theil Gypspulver mit einer Mischung aus 1 Gewichtstheil schwefelsaurem Kali und 2 Gewichtstheilen Wasser anrührt und in die Formen giesst; es bildet sich dann auf der Oberfläche eine Kruste von schwefelsaurem Kali.

Kessler empfiehlt zur Erlangung von Wasserdichtigkeit ein Fluatiren der Gypsmasse mit Imperméabilisateur, welche Masse kalt mit Pinsel oder Schwamm aufgetragen wird.

Gypsabgüsse soll man (nach Dr. W. Reisig in Darmstadt) durch Behandlung mit Barytwasser oder mit kieselsaurer Kalilösung, oder durch einen Ueberzug mit einer Lösung von Kautschuk in Benzol, Petroleumäther oder Schwefelkohlenstoff waschbar machen können. (Siehe »Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleisses«, 1877, S. 306). Dr. Dechend hält diese Behandlung für unzureichend und empfiehlt sein patentirtes Verfahren (D. R. P. Nr. 3203), das darin besteht, die Gypsabgüsse zuerst mit Baryt und Seifenlauge zu imprägniren, dann mit einer warm gesättigten und hierauf heiss gemachten Boraxlösung zu überstreichen, ferner mit einer heiss gemachten Chlorbaryumlösung zu überziehen und endlich mit einer Seifenlösung zu behandeln. (Siehe »Deutsche Industriezeitung«, 1878, S. 513, und 1880, S. 110.)

Das Aussehen von Alabaster erhalten die Gypsabgüsse, wenn man sie nach dem Verfahren von Boschan zunächst mit dickem, weissem Damarfirniss überzieht und dann mit Glasmehl bestäubt. Wird die so behandelte Masse nochmals mit Firniss überzogen, darauf mittelst einer zarten, leicht aufzutragenden Lasurfarbe geadert und endlich mit griesförmig zerkleinertem Marienglas leicht bestreut, so erhält man nach dem Trocknen eine gute Carrara-Marmorimitation. (Siehe »Industrieblätter«, chemisch-technisches Rerpertorium, 1889, II, 1.)

Will man Gypsabgüsse in einem kleineren Maassstabe herstellen, als die Form ergiebt, so muss man einen Brei aus 1 Theil gut gebranntem, fein gesiebtem Gyps, 2—3 Theilen Wasser und 1 Theil 90procentigem Alkohol benutzen und den Abguss aus der gut einzufettenden Originalform herausnehmen, wenn er eben erstarrt ist; der Abguss zieht sich dann nach dem Trocknen um etwa $^1/_{25}$ seiner Abmessungen zusammen. Verwendet man nun den verkleinerten Abguss weiter als Form und benutzt man dieselbe Mischung, so erhält man wieder einen kleineren Abguss. Dieses Verfahren kann wiederholt angewendet werden, ohne dass die Abgüsse ihre grosse Schärfe einbüssen.

Mischungen. Empfehlenswerthe Recepte zur Herstellung verschiedener Stuckarten sind (nach Mothes) folgende:

a) für Ornamente: 1 Theil Gypsmörtel und 1 Theil Kalk, oder: 4 Theile Gyps, 3 Theile Weisskalk und 1 Theil feiner Sand, oder: ein Gemenge von Gyps, feingemahlener Kreide, feinem Marmorkalk und Leimwasser. Bei letzterem Gemenge wird zuerst der Kalk mit Leimwasser gelöscht, dann der Gyps hinzugerührt und zuletzt die Kreide beigemengt.

b) für Weissstuck: 1 Theil feiner Gypsmörtel, 2 Theile Weisskalk und eine geringe Menge von Leimwasser. Man kann dieser Mischung auch beliebige Erdfarben hinzusetzen.

c) für Graustuck: ein Gemenge von Gyps und feinem Steinkohlenstaub. Graustuck besitzt eine ziemlich grosse Haltbarkeit, jedoch geht er, im feuchten Zustande dem Frostwetter ausgesetzt, zu Grunde.

d) für Leinölstuck: Die Wand wird zuerst mit grobem Gyps geputzt, dann mit feingemahlenem und mit Leimwasser angerührtem Gyps bestrichen, hierauf mit Bimsstein abgeschliffen, sodann mit Gyps, der mit starkem Leimwasser angemacht ist, abgerieben, nach vollständiger Trockenheit mit Leinöl mittelst einer Bürste getränkt und endlich mit Tripel und einem Leinwandballen poliert.

e) für mothesischen Stuck: ein Gemenge von Gyps und Eisenfeilspänen. Dieser Stuck besitzt eine grosse Festigkeit.

f) Gypsstuck für Façaden: ein Gemenge von Gyps und Kalkmörtel. Der Gypsstuck wird vorsichtig mit Haken, oder bei grösseren Stücken mit Bankeisen befestigt, mit Alaunlösung gehärtet und mit Oelfarbe angestrichen. Da dieser Anstrich öfters erneuert werden muss, so werden die feineren Contouren mit der Zeit vernichtet. Man hat deshalb nur eine Tränkung mit reinem, heissem Leinöl empfohlen, doch erzeugt dieselbe eine schmutziggelbe Farbe.

g) für Elfenbeinmasse, welche man zur Herstellung von Kunstgegenständen mannigfacher Art benutzt, wird das sogenannte Enkaustiren, d. h. Tränken mit Paraffin oder Stearinsäure angewendet, und zwar meistens in folgender Weise: Die aus feinstem Gyps, am besten aus gebrannten Alabasterabfällen oder aus sogenanntem Kölner oder Pariser Gyps gefertigten Abgüsse werden sorgfältig getrocknet und erwärmt, sodann 3—4 Minuten lang in geschmolzener Stearinsäure oder Paraffin, welche zur Erzielung eines wärmeren Tones mit Gummigutti oder Drachenblut vermischt werden, eingetaucht und endlich mit einer weichen Bürste bearbeitet oder mit Flanell abgerieben. Die Erwärmung der Abgüsse soll bei Verwendung von Stearinsäure etwa 80—88° und bei Benutzung von Paraffin 60—65° *C.* betragen. Gereinigt wird die Elfenbeinmasse mit Seifenwasser, dem etwas Spiritus zugesetzt wird. Wählt man nicht die reinsten Gypssorten, so erhalten die Abgüsse nach dem Enkaustiren meistens eine höchst unansehnliche graue Färbung, weil bei diesem Verfahren alle Verunreinigungen des Gypses (wie Staub und Kohlentheile vom Brennen her) erst hervortreten und durch die Fetttränkung die geringsten Flecke sichtbar werden.

Um den Gypsabgüssen ein schöneres Aussehen zu verleihen, tränkt man sie auch mit einer, durch Kochen von Lauge mit Seife oder Stearinsäure erhaltenen Flüssigkeit und reibt sie nach dem Trocknen mit Leder oder einer weichen Bürste ab, oder man überzieht sie mit einer Lösung von geschmolzenem, weissem Wachs in Schwefelkohlenstoff.

Einen guten Schutz gegen die Witterungseinflüsse soll ein Anstrich des ausgetrockneten Gypsstuckes mit einer Mischung von 3 Theilen gekochtem Leinöl, $^1/_6$ vom Gewichte des Leinöls Silberglätte (Bleioxyd) und 1 Theil Wachs bilden. Einen dauerhaften Kalkfarbenanstrich soll man erhalten, wenn man den Stuck zuerst mit Seifenlösung und dann zweimal mit einer, mit Firniss angemachten Kalkfarbe (auf 1 Eimer etwa $^3/_8$ *kg* Firniss) bestreicht. (Siehe »Deutsches Baugewerksblatt«, 1885, S. 96.)

Noch zu erwähnen ist der sogenannte Trocken-, Staff- oder Steinstuck, welcher folgendermaassen hergestellt wird: In die Leimform wird eine

dünne Lage Gypsbrei gegossen, der mit Leim oder Alaun oder Borax angemacht ist. Auf diese Lage werden etwa 2 *cm* breite Metallstreifen so gelegt, dass sie etwa 2 *cm* weit über den Rand der Form vorstehen; mit diesen erfolgt die spätere Befestigung des Stuckes durch Annagelung, beziehungsweise Verschraubung. Auf die noch weiche Gypsmasse wird hierauf ein weitmaschiges Nesselgewebe ausgebreitet und dann mit einer zweiten Lage Gypsbrei überdeckt. Nachdem das Ganze eine zähe und feste Masse geworden, kann seine Vorderseite bemalt oder vergoldet werden. (Siehe Hüttmann, »Der Gypser als Cementirer, Tüncher und Stuccateur«, Weimar 1886.)

§ 206. Gypsmarmor (künstlicher Marmor).

h) Künstlicher Marmor. Gypsmarmor stellt ein Gemenge aus sehr fein gesiebtem und gebeuteltem Gyps, Leimwasser und Farbstoff dar. Zur Färbung kann man Mennige, Zinnober, Chromgelb, Indigo, Gummigutti, Umbra, Kienruss, Eisen- und Kupfervitriol, Abkochungen von Farbhölzern u. s. w. verwenden. Leim ist nur in sehr geringer Menge hinzuzusetzen, und zwar so viel, dass die Masse in etwa 30 Minuten erhärtet. Aus dem Gemenge formt man Kugeln von verschiedener Grösse und färbt dieselben in verschiedener Weise, so dass man hellgefärbte und dunkelgefärbte zur Verfügung hat. In dieselben drückt man weisse Gypsstückchen ein, um weisse Flecke zu erzeugen, oder man bestreut sie zu diesem Zwecke mit feinem Gypspulver. Dann legt man sie aufeinander, presst sie zu einem Würfel zusammen und walzt denselben zu einer ebenen Platte aus. Diese Platte begiesst man mit der Farbe, in welcher man die Marmoraderung zu erhalten wünscht, dann knetet man sie wieder zusammen, schneidet aus ihr mit Draht dünne Scheiben, taucht dieselben in Wasser und bringt sie dann mit einer Kelle auf die Wandfläche, die vorher einen Gypsbewurf (oder Kalkputz) erhalten hat, der vor dem Aufbringen des Gypsmarmors gehörig anzunässen ist. Nach der Erhärtung der Fläche wird dieselbe abgehobelt, mit plangeschliffenen Bimssteinstücken abgeschliffen, dann nochmals mit Gypsbrei, der mit sehr starkem Leimwasser angemacht ist, dünn überzogen, um sämmtliche Poren zu schliessen, hierauf mit fein pulverisirtem Tripel und einem Leinwandballen poliert und endlich mit einer, mit Olivenöl leicht benetzten Bürste überfahren. Eine sehr glänzende Politur soll man erhalten, wenn man die Wandfläche mit Leinöl tränkt und dann mit einem wollenen Lappen abreibt. Empfohlen wird auch, die Wandfläche mit einem wollenen Lappen abzureiben, auf welchen eine Lösung von Wachs in Terpentinöl aufgestrichen ist.

Leon van der Steene in Laeken (Belgien) bereitet künstlichen Marmor aus Gypspulver, starker Leim- und Harzlösung und Farbstoff, und zwar in folgender Weise: Dem Anmachewasser des Gypses wird in Wasser aufgelöster Leim und in warmem Terpentin aufgelöstes Harz beigemengt, dann das Gypspulver eingerührt und die Masse mit den zur Erzeugung der gewünschten Marmorirung nothwendigen mineralischen oder vegetabilischen Farben vermischt. Bei Herstellung von ebenen oder gekrümmten Platten giesst man diese Masse in einer Stärke von 4 *mm* auf ebene, beziehungsweise gekrümmte Stein- oder Glasflächen, bei Herstellung von Reliefplatten in entsprechend gestaltete Gummi-, Gyps- oder Cementformen aus und bestreut sie mittelst eines Siebes mit trockenem Gypspulver. Nachdem letzteres durch

das in der gefärbten Gypsmasse im Ueberschuss vorhandene Wasser gut durchfeuchtet ist, wird eine dünne Lage von sorgfältig angerührtem, ungefärbtem Gypsbrei aufgebracht und mit einem Tuch oder einer Schicht rohen Hanfes bedeckt. Endlich wird in einer, von der gewünschten Plattendicke abhängigen Stärke noch eine Lage ungefärbten Gypsbreies, dem zerkleinerte Steine beigemengt sind, darüber gebreitet. Sobald die Masse genügend abgebunden, was nach 6—8 Stunden der Fall zu sein pflegt, wird sie von der Unterlage fortgenommen (beziehungsweise aus der Form herausgehoben), vorsichtig abgebürstet und nach Ausfüllung aller etwa entstandenen Poren mittelst eines, der Grundfarbe der Masse entsprechend gefärbten Gypsbreies durch Tränkung der Oberfläche mit Kaliwasserglas wasserdicht gemacht und endlich, sobald die Masse gut getrocknet ist, poliert. Als Politur benutzt van der Steene zur Erzeugung heller Marmorimitationen ein Gemenge von 1 *kg* gebleichtem Gummilack, 6 *l* 80procentigem Alkohol und 250 *g* (auch mehr oder weniger) fein gemahlenem Gyps, und zur Herstellung von dunklem, künstlichem Marmor statt des gebleichten Gummilackes eine gleiche Menge Orange-Gummilack.

Vor dem Auftragen dieser Mischung wird die Gypsmasse mit Hilfe eines mit 80procentigem Weingeist angefeuchteten Ballens gerieben und nach dem Auftragen dieses Reiben so lange fortgesetzt, bis eine vollständig gleichmässige Politur erreicht ist, wobei man den, den Ballen umhüllenden, weichen Lappen von Zeit zu Zeit mit etwas Oliven- oder Mohnöl benetzt. Wird eine schwarze Marmorimitation gewünscht, so trägt man auf den Lappen etwas Nigrosin oder Anilinschwarz auf. (Siehe »Industrieblätter«, chemisch-technisches Repertorium, 1889, II, 1.)

Marmorähnliche Steine soll man nach dem Patente von Majewski (D. R. P. Nr. 69527) durch Eintauchen des erwärmten Gypssteines zuerst in eine concentrirte Lösung von Kaliumsulfit (basisch-schwefligsaurem Kali) und dann in eine Lösung eines mit Gyps eine Doppelverbindung gebenden Salzes erhalten. Durch das Kaliumsulfit soll vermieden werden, dass die verwendete Salzlösung schon an der Oberfläche krystallisirt und nicht in das Innere des Steines eindringt; es dient also als Leichtflüssigkeit für die Salzlösung in das Innere des Gypssteines, während die Salzlösung dem Steine eine grössere Härte verleihen soll. Die Färbung geschieht mittelst organischer Farbstoffe.

§ 207. Gypsguss mit oder ohne Rohrgewebeeinlagen.

i) Gypswände mit Rohrgewebeeinlagen von Baumeister Swiecicki in Bromberg. Es werden Winkeleisen, senkrecht und um 45° gedreht, in 1·8—2·5 *m* Abstand (je nach der Wandhöhe) aufgestellt und mit ihrem Fuss- und Kopfende mittelst 8 *cm* langer Schmiedeeisennägel befestigt, sowie gut abgespreizt. Zwischen die Ständer spannt man ein gut verdrahtetes Rohrgewebe mittelst Haken und ausgeglühten Drahtes fest ein, stellt dann 3 *cm* starke, mit 2—3 Querleisten versehene Brettformen von 70 *cm* Höhe und 60—150 *cm* Länge beiderseits vom Rohrgewebe auf und verbindet dieselben mit 1·5 *cm* starken Bolzen. Zwischen Bretterwand und Rohrgewebe lässt man einen kleinen Zwischenraum und füllt denselben mit einer Mischung von 1 Theil Stuckgyps, 3 Theilen Estrichgyps und 2 Theilen Kohlengrus und

Korkmehl vollständig aus. (Fig. 383.) Zwei aneinander zu stellende Bretter verbindet man durch einen Ruderverschluss, nothwendige Oeffnungen schneidet man aus dem Rohrgewebe mittelst Schere aus und sichert diese Schnittstellen mittelst Draht. Nachdem eine Reihe fertiggestellt ist, wird die darüber liegende in Angriff genommen.

k) Giessbare Massen. Die »Neuesten Erfindungen und Erfahrungen« bringen im Jahrgang 1891 über giessbare Massen ausführliche Mittheilungen, denen Folgendes entnommen werden mag. Gypspulver wird mit Leim (und zwar Kaninchenleim oder Gelatine), Kreide, Papier, Korkmehl oder Schiefermehl in verschiedener Weise und je nach dem Umfang der Gegenstände vermischt, jedoch in der Regel so, dass zu 1 *kg* Leim je 8 *l* Wasser und dem mit Leim angerührten Gypsbrei nicht mehr als $^1/_3$ Papierbrei zugefügt werden. Bei stärkerem Leimzusatz tritt leicht ein Schwinden der Masse ein, desgleichen, wenn man andere Leimsorten als die genannten verwendet.

Die Gemengtheile werden sorgfältig mit einander verarbeitet und dann verdünnt. Empfohlen werden folgende Mischungen:

α) Für ganz schwache, leicht austrocknende Gegenstände: 30 Gemengtheile Gypsbrei und 15 Theile Papier. Die Masse erhält nach dem Erstarren die Härte von weichem Holz, lässt sich ähnlich wie dieses bearbeiten und besitzt dieselbe Schwere wie Wasser.

β) Für schwache Sachen: 30 Gemengtheile Gyps, 10 Theile Papier und 5 Theile Schiefermehl oder Kreide. Giebt eine ziemlich harte Masse.

γ) Für mittlere Sachen: 30 Gemengtheile Gyps, 5 Theile Papier und 10 Theile Schiefermehl oder Kreide.

δ) Für stärkere Sachen: 40 Gemengtheile Gyps und 5 Theile Papier. Diese Masse wird schnell trocken; sie ist nicht leicht zerbrechlich und besitzt immer noch die Härte von Holz.

Durch den Leimzusatz wird der Masse eine gewisse Härte verliehen, durch den Zusatz von Papier oder Korkmehl ein geringeres Gewicht und ein grösserer innerer Zusammenhang, so dass sie gegen Zerreissen und Brechen ziemlich geschützt ist; Schiefermehl macht die Masse härter und etwas schwerer; Kreide wird nur bei der sogenannten Vergolder-Gussmasse verwendet, die aus Gyps, Leim und Kreide bereitet wird.

Die Herstellung der giessbaren Masse ist folgende: Das Papier (Seidenpapier oder ungeleimtes Druckpapier) wird in kurze Stücke zerrissen, in heissem Wasser eingeweicht und dann mit einem Holzstück zerstampft, bis es fein zertheilt ist. Hierauf wird das Gypspulver in den warmen Leim ziemlich dick eingerührt, die Papiermasse zugesetzt und das Ganze tüchtig mit einem Holzstabe durcheinandergearbeitet. Schliesslich wird die Masse mittelst Leimzusatz leichtflüssig und giessbar gemacht und dann in die mit Leinöl bestrichenen, aus Gyps oder besser aus Leim (Kaninchenleim oder Gelatine) gefertigten oder aus fingerdick starkem Leim und Gypsummantelung bestehenden Formen, deren Anfertigung in der oben genannten Zeitschrift ausführlich beschrieben ist, gegossen, worauf schwache Sachen in 5 bis 15 Minuten, stärkere in 1—2 Stunden soweit erhärtet sind, dass sie aus den Formen herausgenommen werden können. Die Massen können auch beliebig gefärbt werden. (Siehe auch Theodor Koller, »Künstliche Baumaterialien, ihre Herstellung und Verwendung«, Frankfurt a. M. 1894, S. 56 und 57.)

§ 208. Marmorcement.

l) Keene's Marmorcement, Parian-Cement, Scagliola, deutscher Marmorcement. Marmorcement, eine hauptsächlich aus Gyps bestehende Masse, zeichnet sich durch grosse Dichtigkeit, Härte, gleichmässige Structur, Festigkeit und Dauerhaftigkeit aus, bindet sehr langsam ab und ist daher bequem zu verarbeiten. Der Cement lässt sich leicht und vollkommen polieren, haftet selbst in dünnen Schichten auf fast jeder Unterlage sehr fest, bekommt keine Haarrisse, gestattet wegen seiner weissen Grundfarbe jedwede Färbung mit Erdfarben, ohne viel an Bindekraft einzubüssen, und bildet gewissermaassen die Mitte zwischen Portlandcement und gewöhnlichem Stuckgyps. Wegen dieser Eigenschaften eignet sich Marmorcement zur Herstellung von Ornamenten, Kunstmarmor, künstlichen Steinen (Nachahmungen vieler Gesteinsarten) u. s. w., auch zum Ausbessern von Marmorbekleidungen und Steinornamenten, sowie zum Ausfugen, wenn man für edle Steinmassen sehr feste, bestimmt gefärbte Fugen erhalten will.

Keene's Cement oder weisser englischer Cement ist ein langsam bindender Alaungyps. Man stellt ihn aus rein weissem Gyps her, der nach dem Brennen mit Alaun getränkt, dann zum zweiten Male bei Rothgluth gebrannt, fein gemahlen und mit einer Alaunlösung angemacht wird. Rührt man ihn mit 20% Wasser an, so erreicht er nach den Untersuchungen von Prof. Hartig nach vier Wochen eine Zugfestigkeit von 36·9 *kg* und eine Druckfestigkeit von 411 *kg* für das Quadratcentimeter.

Parian-Cement oder Boraxgyps wird aus 44—45 Theilen Gypsmehl und 1 Theil calcinirtem Borax in der Weise hergestellt, dass man den Gyps mit der Boraxlösung tränkt und dann nochmals bei Rothgluth brennt. Er ist ebenfalls langsam bindend und trocknet in 4—5 Stunden. Man kann ihn sowohl für Innenstuck als auch zu gewöhnlichem Mauerputz verwenden und nach dem Trocknen bemalen oder mit Tapeten bekleben. Er ist mit möglichst wenig Wasser anzumachen und darf nicht mit frischem Kalk in unmittelbare Berührung kommen.

Scagliola stellt ein Gemisch von feinem gebrannten Gyps und gemahlenem Gypsspath (Fraueneis) mit Leimwasser oder Hausenblasenlösung dar. Architekt Beine in Bochum fertigt aus dieser Masse Bautafeln, die zu Wandconstructionen Verwendung finden.

Deutscher Marmorcement wird wie der Keene'sche bereitet, besitzt aber eine grössere Festigkeit wie dieser. Denn nach Hartig's Untersuchungen beträgt die Zugfestigkeit der deutschen Ware nach vier Wochen 47·8 *kg* und die Druckfestigkeit 423 *kg* für das Quadratcentimeter, wenn die Masse ebenfalls mit 20% Wasser angemacht wird. Der deutsche Marmorcement ist meistens auch an Aussenfaçaden verwendbar, muss jedoch auf der Wetterseite gegen Schlagregen durch einen Firnissanstrich geschützt werden. In anerkannter Güte liefert ihn u. A. die Walkenrieder Gypsfabrik (A. Meier & Comp.) zu Walkenried am Harz.

§ 209. Gyps-Estrich.

m) Gyps-Estrich. Der klumpenfrei und ziemlich steif zuzubereitende Gypsmörtel, am besten aus grob gemahlenem, stark gebranntem, langsam bindendem Gyps (nicht Stuckgyps) und ohne Sand- oder Kohlenaschenzusatz

hergestellt, wird entweder auf eine gut eingeebnete Unterlage von Kies, Sand oder Kohlenasche oder auf ein Ziegelpflaster oder Ziegelgewölbe, oder bei Balkendecken auf eine abgeglichene Lage reinen Flusssandes, die auf einem, die Balkenfelder bedeckenden Lehmschlage ruht, 3—5 *cm* hoch aufgegossen, und zwar sicherheitshalber in der Weise, dass der Estrich etwas von der Wand absteht, damit bei etwaigem »Treiben« des Gypses sich letzterer ungehindert ausdehnen kann. Sind sehr grosse Fussbodenflächen mit einer Gypsdecke zu versehen, so empfiehlt es sich, für das Treiben einen schmalen Raum durch Einlegen von Querleisten auszusparen. Bei Verwendung von richtig geglühtem Gyps sind diese Vorsichtsmaassregeln kaum erforderlich, weil ein solcher Gyps, wie bereits im § 199 hervorgehoben wurde, fast gar nicht treibt.

Estrichgyps erstarrt nur dann zu einer sehr harten Masse, wenn letztere vor Austrocknung geschützt wird. Die Unterlage ist deshalb gehörig anzunässen, damit sie dem Gypsbrei das Wasser nicht vorzeitig entzieht und Risse veranlasst.*) Treten solche Risse bei sehr heisser Witterung oder wegen ungenügender Durchnässung der Unterlage in der Gypsdecke vor ihrem Festwerden ein, so muss man den Estrich stark mit Wasser begiessen und die Risse in dem noch weichen Gyps schliessen. Nach einigen (bis 12) Stunden erfolgt das Schlagen, Stampfen oder Klopfen des ziemlich fest gewordenen Gypses mit dem Schlagholze, wodurch die Härte und Dichtigkeit des Estriches noch erhöht wird, und endlich das Abglätten mit der Maurerkelle.

Gyps-Estrich bildet eine vorzügliche Unterlage für Linoleum und eignet sich auch als unmittelbar zu begehender Fussboden für Dachböden, Speicher, Kornböden, Fabrik- und Lagerräume und braungefärbt auch für Küchen, Badezimmer, Krankensäle u. s. w.

Zur Erhöhung der Härte und Haltbarkeit wird oft ein kleiner Zusatz von Cement empfohlen; dass eine solche Beimengung nicht rathsam ist, wurde bereits früher nachgewiesen. Auch mit Zusätzen von Sand oder Steinkohlenasche soll man vorsichtig sein; kann man aus Sparsamkeitsrücksichten reinen Gyps, was immer das Beste ist, nicht verwenden, so empfiehlt es sich, den dritten Theil eines reinen Quarzsandes oder guter Kohlenasche beizumengen. Ein Cubikmeter gegossener Gyps wiegt etwa 970 *kg*.

Man kann auch in den Gyps-Estrich Platten aus natürlichen oder künstlichen Steinen oder farbige Marmorstückchen u. dergl. musterartig einlegen und erhält dadurch einen sehr haltbaren Fussbodenbelag, der eine grosse Schönheit zeigt, wenn man ihn mit feinem Sand oder Sandstein, darauf mit Bimsstein und Wasser abschleift, hierauf mit in Terpentin aufgelöstem Wachs abreibt und endlich mit scharfer Bürste bohnt.

n) Mack'scher Cementgyps. Derselbe besteht aus hydraulischem (Estrich-) Gyps, dem 0·4% schwefelsaures Kali oder calcinirtes Glaubersalz zugesetzt ist. Dieser ungemein hart werdende und wetterbeständige Cementgyps eignet sich besonders zum Legen von Estrichen und bietet in Folge seines schnellen Erhärtens den Vortheil, dass er auch auf trockene Unterlagen gegossen und die Masse fast sofort nach dem Ausgiessen geklopft und abgeglättet werden kann, wodurch ihre Härte wesentlich erhöht wird. Ferner kann man den Cementgyps im Inneren der Gebäude zur Herstellung von

*) Mit Benutzung der von der Walkenrieder Gypsfabrik aufgestellten »Anweisung zur Herstellung eines guten Gyps-Estriches«.

Rabitzwänden, Decken, Gewölben u. s. w. verwenden und mit Sand oder Schlacken mischen. Sodann liefert Cementgyps einen sehr harten Putz, der wegen seiner geringen Porosität wenig Farbstoff zum Anstrich benöthigt. Endlich kann man ihn auch zur Herstellung von Beton benutzen.

§ 210. Gypsdielen oder Schilfbretter.

a) Hartgypsdielen oder Schilfbretter. Dieselben werden von verschiedenen Fabriken nach verschiedenen (durch Patente geschützten) Verfahren hergestellt, so z. B. von der »Actiengesellschaft für Monierbauten, vorm. G. A. Wayss & Comp.« in Berlin (nach dem Patente von A. & O. Mack in Ludwigsburg), von W. Klemm in Hochhausen am Neckar (nach dem Patente von Giraudi in Stadtbach, Bern), von der »Rheinischen Gypsindustrie« (W. Köster) zu Heidelberg, von F. Donath & Comp. zu Berlin, von der »Walkenrieder Gypsfabrik« (A. Meier & Comp.) zu Walkenried am Harz u. s. w.

Die Mack'schen Hartgypsdielen bestehen (nach Angabe der Broschüre obgenannter Gesellschaft) aus einer besonders zubereiteten Gypsmasse, welche durch Beimischung von geringen und festbindenden Stoffen grosse Leichtigkeit und Zähigkeit erhält und durch ein besonderes Verfahren gehärtet wird. Durch Einlage von Rohr, Bambus, Schilfbündel (bei anderen Fabriken auch dünne Holzstäbchen und allerlei leichte organische Abfallstoffe, auch Beimengungen von Kalk) wird nicht nur die Leichtigkeit und Zähigkeit vermehrt, sondern auch die Biegsamkeit vergrössert, so dass die Gypsdielen verhältnissmässig grosse Lasten tragen können und nach Beseitigung der Belastung wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren, ohne dauernd durchgebogen zu bleiben. Ferner erhalten sie durch diese Einlagen eine gute Versteifung und eine ziemlich grosse innere Zugfestigkeit.

Diese Hartgypsdielen zeichnen sich durch Billigkeit, Trockenheit, Feuersicherheit und Unverbrennlichkeit aus, ferner durch ein geringes Gewicht, leichte und vielfache Verwendbarkeit, Schalldämpfung und schlechte Wärmeleitung. Da sie — vollständig ausgetrocknet verwendet — auch kein Faulen und Stocken des Holzes (bei Zwischenböden und Fachwerkswänden), keine Schwammbildung, keine gesundheitsschädlichen Ausdünstungen erzeugen, in ihnen sich weder Spaltpilze noch Ungeziefer, deren Athmungswerkzeuge der feine Gypsstaub zerstört, weiter verbreiten können (vergl. Schlusssatz in diesem Paragraphen) und sie sich in jede beliebige Länge zersägen und wie Holzdielen nageln lassen, so liefern sie ohne Frage einen recht brauchbaren Baustoff. Jedoch ist Verfasser der Ansicht, dass die Hartgypsdielen sorgfältig gegen Nässe zu schützen sind, weil die organischen Beimengungen nach seinen Erfahrungen leicht verfaulen, und dass es grosse Schwierigkeiten bereitet, Nägel und Haken an ihnen zu befestigen.

Die Stärke der Mack'schen Hartgypsdielen beträgt 2·5—8 *cm*, jedoch fertigt auch die Fabrik Hartgypsdielen mit Hohlräumen in Stärken von 10 und 12 *cm*. Mit Ausnahme der schwächsten, 2·5 *cm* dicken, werden die Dielen mit Nuth und Falz, genau ineinanderpassend, versehen, so dass man zur Bildung einer Wand nur nöthig hat, die Dielen in Verband aufeinander zu stellen und zwischen die Falze etwas dünnen Gysmörtel zu streichen. Die Länge beträgt 1·80, beziehungsweise 2·50 *m*, die Breite 0·25 *m*. Um die Dielen gegen Feuchtigkeit zu schützen, werden sie mit Asphaltpappe überzogen; für Innenwände ist dieser Schutz jedoch in der Regel nicht erforder-

lich. Das Gewicht für das Quadratmeter schwankt zwischen 22 *kg* (bei 2·5 *cm* dicken Dielen) und 65 *kg* (bei 8 *cm* starken) und beträgt bei Hohlgypsdielen von 10 *cm* Stärke 70 *kg* und von 12 *cm* Stärke 75 *kg*. Die Tragfähigkeit ist eine sehr grosse. Von Berliner Baubeamten im Jahre 1890 in dem Neubau »Unter den Linden Nr. 69« in Berlin unternommene Belastungsversuche ergaben, dass eine 8 *cm* starke Diele 4250 *kg* ertragen konnte, ohne dass Risse, noch sonstige Loslösungen, Abblätterungen oder dergleichen zu bemerken waren, und dass ein Gewicht von 55 *kg*, aus einer Höhe von 2 *m* frei auf die Mitte einer Hartgypsdiele fallen gelassen, nur eine etwa 5 *mm* tiefe Einpressung in der oberen Hartgypsdiellage erzeugte, wobei die getroffene Diele an der Unterseite stellenweise rissig wurde, während die untere Hartgypsdiellage völlig unverändert blieb.

Die Fabrik hat über die Tragfähigkeit der Hartgypsdielen die nachfolgenden Tabellen aufgestellt.

Belastungsfähigkeit von Gypsdielen und Hohlgypsdielen mit Nuth und Falz bei zehnfacher Sicherheit.

Gypsdielenstärke	Entfernung der Stützpunkte und Gypsdielenlänge in Metern							
	0·75	1·00	1·25	1·50	1·75	2·00	2·25	2·50
	Gleichmässig vertheilte Nutzlast in Kilogramm für das Quadratmeter							
3 *cm*	80	35						
4 »	155	72	34					
5 »	255	126	66					
7 »	486	274	175	122	89			
10 »	922	520	332	232	169	130	101	
12 »	1260	710	454	317	231	177	138	113

Dieser Tabelle ist eine Bruchfestigkeit der Gypsdielen und Hohlgypsdielen von 40—50 *kg* für das Quadratcentimeter zu Grunde gelegt.

Belastungsfähigkeit von Constructionen aus Gypsdielen und Hohlgypsdielen mit Nuth und Falz bei zehnfacher Sicherheit.

Constructionsart	Entfernung der Stützpunkte und Gypsdielenlänge in Metern			
	0·75	1·00	1·25	1·50
	Gleichmässig vertheilte Nutzlast in Kilogramm für das Quadratmeter			
7 *cm* starke Gypsdielen mit 3 *cm* Portlandcementbeton und 2 *cm* Glattstrich	1200	670	430	
7 *cm* starke Gypsdielen mit 5 *cm* Portlandcementbeton und 2 *cm* Glattstrich	1480	830	535	
10 *cm* starke Hohlgypsdielen mit 3 *cm* Portlandcementbeton	1200	670	430	300
10 *cm* starke Hohlgypsdielen mit 3 *cm* Portlandcementbeton und 2 *cm* Glattstrich	1320	750	480	340
10 *cm* starke Hohlgypsdielen mit 5 *cm* Portlandcementbeton und 2 *cm* Glattstrich	1670	1000	640	450
12 *cm* starke Hohlgypsdielen mit 5 *cm* Portlandcementbeton	1670	1000	640	450

Die Hartgypsdielen haben gewöhnlich eine glatte oder mit Asphaltpappe belegte Rückseite und eine rauhe Vorderseite; sie werden bei Decken und Wandbekleidungen mit der rauhen Seite nach unten, beziehungsweise nach innen genommen; bei Aussenmauern kommt stets die rauhe Seite nach aussen. Dieselbe dient dazu, dem aufzubringenden Putz einen festen Halt zu gewähren. Dieser Putz besteht bei Decken und Innenwänden am besten aus reinem Gypsmörtel; bei Aussenwänden und solchen Zwischenwänden, die, wie z. B. in Küchen, Ställen und Kellern, feuchten Dünsten und Dämpfen ausgesetzt sind, werden die rauhen Flächen entweder mit ganz dünnem Weisskalkmörtel mit $^1/_3$ Gyps bespritzt und dann mit dickerem Weisskalkmörtel ohne Gypszusatz abgeputzt oder mit einem zweiten Bewurf aus dünnem Weisskalkmörtel ohne Gypszusatz versehen und dann mit dickerem Weisskalkmörtel mit $^1/_5$ Portlandcement abgeputzt oder mit ganz dünnem Mörtel aus hydraulischem Kalk bespritzt und dann mit dickerem Mörtel aus hydraulischem Kalk abgeputzt. Der Putz erhält eine Stärke von höchstens 1 *cm*.

Die Befestigung der Dielen geschieht mittelst breitköpfiger, verzinkter Nägel von mindestens doppelter Länge der Dielenstärke, und zwar benutzt man zu Wandbekleidungen Drahtstifte und zu Deckenverkleidungen geschmiedete Nägel. Man verwendet die Hartgypsdielen zur Errichtung von Scheidewänden an Stelle der Holzfachwerkswände, indem man 5 oder 7 *cm* starke Dielen hochkantig mit wechselnden Stössen in Gypsmörtel aufsetzt, ohne Zwischenpfosten irgend welcher Art, ferner zur Verkleidung von Aussenwänden, indem man an Holz- oder Eisenpfosten aussen 4—5 *cm* starke und innen $2^1/_2$—4 *cm* starke Hartgypsdielen befestigt, zu Zwischendecken an Stelle der Staakung und des Lehm-Estriches, zu Decken an Stelle der Berohrung und Schalung, zu Fussböden an Stelle der Holzdielen, zu Isolirungen von Shed- und anderen Dächern, sowie von kalten und feuchten Wänden u. s. w. Es sei erwähnt, dass sowohl für den Bau des Hygienischen Institutes des Geheimrath Professor Dr. Robert Koch in Berlin, als auch für den des Kaiserlichen Verwaltungsgebäudes in Kamerun die Mack'schen Hartgypsdielen Verwendung gefunden haben.

Die »Actiengesellschaft für Monierbauten« fabricirt auch Hartgypsdielen mit beiderseits glatten Flächen, und zwar für solche Wände, bei denen ein feiner Putz zur Erzielung einer ganz glatten Fläche nicht erforderlich ist, sondern ein zweimaliger Oelfarbenanstrich auf einer, mittelst heissem Leinölfirniss ausgeführten Grundirung genügt, sowie für Wände, die sofort tapezirt werden sollen. Sodann fertigt sie Gypsdielen mit Cementüberzug für Aussenwände und zur Trockenlegung feuchter Wände. Der Cementüberzug besteht aus einer Mischung von 1 Theil Portlandcement und 1 Theil Sand, welche auf die noch feuchte Gypsdiele gestreut und mit flachem Hammer eingeklopft wird. Durch diesen Ueberzug, der die Asphaltpappschicht ersetzen soll, erhält die Diele eine sehr harte, gegen Nässe unempfindliche Oberfläche, wie Versuche festgestellt haben; es wurde nämlich eine aus solchen Hartgypsdielen zusammengesetzte Wand ein Jahr lang mit Dampf behandelt, ohne Schaden zu erleiden. —

Näheres über die mit Mack'schen Hartgypsdielen ausführbaren Constructionen findet man in der Broschüre der Fabrik. Siehe auch: »Die Hartgyps-Dielen. Ein neues Baumaterial«, Vortrag des Stadtbaurathes Gaul im Bürgerverein zu Quedlinburg, 1891.

Die »Rheinische Gypsindustrie« zu Heidelberg stellt Gypsdielen
›r Schilfbretter durch Maschinen her, welche durch die Deutschen Reichs-
ente Nr. 68024 (Classe 80) und 69876 (Classe 86) geschützt sind.
sprünglich wurden die Schilfbretter in der Weise fabricirt, dass man über
ide oder ovale Stäbe Schnüre aufwickelte, dann das Ganze in den Modell-
ten legte, mit Gypsbrei umgoss und nach erfolgter Erhärtung die Schnüre
der herauszog. In neuester Zeit benutzt aber die Fabrik zur Herstellung
Gypsdielen verbesserte Giessbänke und Rohrflechtmaschinen, durch welche
e grosse Gleichmässigkeit der Ware erzielt wird. Bei Verwendung zu
rackenbauten werden die Schilfbretter mit einer Santorinflüssigkeit getränkt
d dadurch, nach Versicherung der Fabrik, gehärtet und antiseptisch
nacht. Die aus diesem Baustoff hergestellten Wände werden zuerst mit
nerem, dann mit dickerem Schwarzkalkmörtel abgeputzt und schliesslich
imal mit Oelfarbe gestrichen. (Vergl. Walther Lange, »Der Barackenbau«,
ipzig 1895, S. 58 ff.)

Die Schilfbretter von W. Clemm in Hochhausen am Neckar bestehen
präparirtem Gyps und ausgesuchtem Schilfrohr. Sie erhalten eine Stärke
ı 2·5—12 *cm*, wiegen für das Quadratmeter 20—84 *kg*, besitzen je
Quadratmeter Grösse und kommen mit oder ohne Asphaltüberzug in den
ndel. Die Befestigung an Holz erfolgt mittelst verzinkter Nägel, welche
ndestens 3 *cm* länger zu nehmen sind, als die Schilfbrettdicke beträgt.
Stossflächen der stets horizontal und hochkantig zu versetzenden Schilf-
tter sollen niemals trocken unter sich und an vorhandenem Mauerwerk
gebracht, sondern stets vorher mit Gypsbrei bestrichen werden. Die Bretter
d in Verband zu versetzen; etwaiger Putz ist am besten aus reinem Gyps-
rtel herzustellen. Trockenes Anbringen der Schilfbretter unter sich kann
se im Putz hervorrufen.

Zum Verfugen wird mit Leimwasser angemachter Gyps verwendet. Um
tere Risse und Sprünge zu vermeiden, müssen die Schilfbretter solide an
Mauerwerk angeschlossen werden; falls kein Auflager vorhanden ist,
ss ein solches etwa 2 *cm* tief im Mauerwerk hergestellt und sauber aus-
vaschen werden, damit der an der Stossfläche des satt einzusetzenden
ilfbrettes aufgetragene Gypsbrei gut abbindet; hierauf ist erst die Fest-
gelung des Brettes vorzunehmen.

Im Uebrigen gilt von den Eigenschaften dieses Baustoffes dasselbe, was
den Mack'schen Gypsdielen gesagt wurde.

Ueber die Verwendung dieser Schilfbretter zu Decken, Streif-, Zwischen-
›r Fehlböden, Wänden, Isolirungen u. s. w. sei auf die Broschüre des
orikanten verwiesen.

Die Hohldielen der Walkenrieder Gypsfabrik (A. Meier & Comp.),
che ebenfalls zur Construction von Wänden, Decken, Dächern u. s. w.
nen, haben keine Einlagen von vergänglichen organischen Stoffen, sondern
tehen aus reinem, sehr hartem Gyps und sind im Innern mit weiten
ndrischen Canälen versehen. Nur wenn sie zum Tragen grösserer Lasten
timmt sind, erhalten sie eine Armirung mittelst Drahtes. Diese Dielen
chnen sich durch Widerstandsfähigkeit, Feuersicherheit, Trockenheit und
chtigkeit aus und sind wenig leitend für Schall und Wärme; sie werden
Stärken von 7, 10 und 14 *cm* und in Längen von 1 und 1·25 *m* geliefert,
vie in Breiten von 20, 35 und 40 *cm*; der Durchmesser der Hohlräume

beträgt 5, 7 und 10 *cm* und das Gewicht für das Quadratmeter 55, 80 und 102 *kg*.

Diese Hohldielen vermögen sehr viel Feuchtigkeit aufzusaugen, ohne zu erweichen oder an Festigkeit einzubüssen. Ihre Tragfähigkeit ist eine sehr grosse; eine an beiden Enden frei aufgelegte Hohldiele von 14 *cm* Dicke und 40 *cm* Breite zeigte z. B. für das Quadratmeter eine Bruchbelastung von etwa 4000 *kg*, während eine 7 *cm* starke und 20 *cm* breite Diele bei einer Belastung von etwa 1000 *kg* für das Quadratmeter zerbrach.

Schliesslich muss noch auf eine Mittheilung von Schindler-Escher (im zweiten Hefte von »Mein und Dein«, 1887, S. 11) hingewiesen werden, nach welcher Schilfbretter das Einschlagen von Nägeln nicht vertragen sollen, und auf einen Artikel im »Deutschen Baugewerksblatt«, 1884, S. 24, nach welchem die Höhlungen der Schilfbretter kleinem Ungeziefer und gesundheitsschädlichen Stoffen gute Unterkunft gewähren sollen. Diesen Ansichten widersprechen jedoch die im letzten Jahrzehnt von verschiedenen Technikern und Aerzten (z. B. in Baracken) gemachten Erfahrungen.

§ 211. Spreutafeln und Holzseilbretter.

a) Spreutafeln (D. R. P. Nr. 52725). Dr. A. Katz in Waiblingen (Württemberg) stellt Hohltafeln von 67 *cm* Länge, 30 *cm* Breite und 10, beziehungsweise 13 *cm* Dicke aus einer Mischung von Gyps, Kalk u. s. w. einerseits und Spreu (Schutt von ausgedroschenem Stroh), Sägespänen, Kork, Lohe, thierischen Haaren andererseits dar, welche unter Verwendung von Leimwasser in eigens construirten Maschinen innig gemischt und in Metallformen zu Tafeln gegossen werden. Die Hohlräume (in der Längsrichtung angeordnete vierseitige Canäle) betragen 35% des Volumens, das Gewicht ist für das Cubikmeter etwa 500 *kg* oder bei 10 *cm* starken Tafeln 50 *kg*, bei 13 *cm* starken 60—65 *kg* für das Quadratmeter. Die mittlere Bruchbelastung wurde von Prof. C. v. Bach in Stuttgart zu 25·7 *kg* für das Quadratcentimeter ermittelt.

Diese Spreutafeln sind trocken, feuerbeständig, leicht, schalldämpfend, schlecht wärmeleitend, leicht verwendbar zu jeder Jahreszeit, können mit einer gewöhnlichen Handsäge beliebig zerschnitten werden und entsprechen allen hygienischen Anforderungen, welche man an einen guten Baustoff stellen kann. Sie liefern demgemäss einen guten Bau- und Isolirstoff für Zwischendecken, für leichte Wände (Sprengwände, Fachwerkswände, schalldichte Doppelscheidewände), für Shed- und andere Dächer, Baracken, Gewölbe u. s. w., eignen sich aber nicht zur Verwendung an solchen Orten, die den Einwirkungen des Wassers oder feuchten Dämpfen ausgesetzt sind, doch können sie durch Imprägniren gegen die Einflüsse der Nässe widerstandsfähig gemacht werden. Gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit sind besonders die nicht imprägnirten Spreutafeln auf das Sorgfältigste durch Isolirungen zu schützen.

Die Spreutafeln sind auf beiden Seiten mit gleichmässig und natürlich gerauhten Flächen ausgestattet, an welchen der Putz vorzüglich haftet. Der in einer Stärke von höchstens 8 *mm* aufzutragende Putz wird am besten aus reinem Gypsmörtel hergestellt. Die Tafeln werden im Verband vermauert und vorher an den beiden Lang- und Schmalseiten leicht mit einer in Wasser

getauchten Bürste (oder Pinsel) angefeuchtet; als Bindemittel dient entweder reiner Gypsmörtel oder Kalkmörtel mit 15—20 Raumtheilen Gyps.

(Näheres über die mit Spreutafeln ausgeführten Constructionen findet man in der Broschüre des Fabrikanten.)

p) Holzseilbretter (D. R. P. Nr. 53883). Die vom Maurermeister Emil Voitel in Bautzen fabricirten Holzseilbretter bestehen aus in der Längsrichtung der Bretter dicht nebeneinander in Gypsbrei eingebetteten, mit flüssigem Wasserglas imprägnirten Holzwollseilen und werden in Längen bis 2·5 *m*, in einer Breite von 40 *cm* und in Stärken von 2·5—10 *cm* geliefert. Ihr Gewicht für das Quadratmeter schwankt zwischen 15 *kg* (bei 2·5 *cm* starken Brettern) und 51 *kg* (bei 9 *cm* starken Brettern). Das Fabrikat soll eine grosse Festigkeit besitzen und dem Schwinden, Reissen und Werfen nicht unterworfen sein. Die Holzseilbretter leiten Wärme und Schall in Folge ihrer grossen Porosität schlecht, sind feuerbeständig, lassen sich zersägen, nageln und hobeln und werden vom Erfinder empfohlen zu Deckenverschalungen (zugleich als Putzträger), Zwischendecken (Einschub), auch zu Fussböden, wenn dieselben nachher mit Linoleum- oder Gypsestrich belegt werden, zu Dachboden-Isolirungen, als Füllstoff, zur Bekleidung von leichten Wänden mit Eisen- oder Holzconstructionen und zu Dachconstructionen, wobei sie einen Asphaltaufstrich in einer Stärke von 1—1·5 *cm* erhalten.

§ 212. Rabitzwände.

q) Rabitzwände (Patent des Hofmaurermeisters Rabitz in Berlin). Gypsmörtel, bestehend aus gebranntem und gemahlenem Gyps, Leimwasser, Kuhhaaren, Kalk und Sand, dient als Umhüllung eines aus 1—1·1 *mm* starken, meist verzinkten Eisendrähten mit etwa 2 *cm* Maschenweite gebildeten Gewebes, welches durch Winkeleisen oder 1 *cm* dicke Rundeisenstäbe an allen Seiten festgehalten und nöthigenfalls (bei grossen Wandflächen) noch durch lothrecht eingesetzte Rundeisenstäbe oder durch Diagonalstäbe versteift wird. Auf den erhärteten Gypsmörtel wird beiderseits ein aus einem Gemenge von Gyps, Kalk, feinem, gewaschenem Kies und Leimwasser hergestellter Putz aufgebracht.

Diese Construction, auch Gypsdrahtbau genannt, wird zur Ausführung feuersicherer, der Unterstützung nicht bedürftiger Zwischenwände verwendet, sodann zur Herstellung von feuersicheren Putzdecken, Gesimsen, Verkleidungen u. s. w

Die Rabitzwände besitzen ausser der vollständigen Feuersicherheit noch den Vorzug, dass sie Wärme, Luft und Schall schlecht leiten, keine Risse und Sprünge erhalten, leicht herzustellen sind und eine geringe Dicke besitzen. Denn die einfachen Wände haben nur 5 *cm* Stärke, die doppelten — aus zwei einseitig geputzten, je 3 *cm* starken Wänden bestehenden — einschliesslich eines Luftraumes von 5 *cm* Breite nur 11 *cm* Stärke. Sie eignen sich deswegen auch besonders bei Anlage von Thüren, welche in Wandschlitze eingeschoben werden sollen. Ihr Nachtheil liegt in ihrer geringen Widerstandsfähigkeit gegen Nässe; zum Schutze gegen Feuchtigkeit dienen Anstriche (z. B. mit Emailfarbe von Mainz & Heck in Offenbach a. M.) und Imprägnirungen mit geeigneten Stoffen.

An den Mauer- und Thüröffnungen werden Drahtgewebe mit stärkeren Winkeleisen verwendet, welche an steinernen Wänden entweder mittelst Haken

oder an eingegypsten schwalbenschwanzförmigen Holzklötzen mittelst Holzschrauben befestigt werden. Auch an die hölzernen Thürzargen werden die Gewebe angeschraubt oder 5 *cm* starke, durch Winkeleisen befestigte Holzzargen verwendet, die aussen eine halbrunde Nuth zur Aufnahme eines vom Fussboden bis zur Decke reichenden, 8 *mm* dicken Rundeisens erhalten, an welches die Drahtgewebe mittelst Draht angebunden werden. Feuersichere Thüren (für Brandmauern) erhält man bei Anordnung eiserner, aus Winkeleisen gebildeten Zargen und Thürrahmen, an welche die aus Rabitzplatten bestehenden Thüren mittelst eingenieteter Haken befestigt werden. Die Anlagen von Rauch-, Heizungs- und Lüftungsröhren bereiten bei Verwendung von Rabitzwänden keine Schwierigkeiten.

(Siehe auch »Handbuch der Architektur«, Th. III, Bd. 2, Heft 1, S. 334 u. 335, sowie »Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereines zu Hannover«, 1886, S. 380.)

§ 213. Verschiedenes.

r) Holzgypstrockenstuck von Adler in Leipzig-Eutritzsch, ein aus Gyps, Papier und Holzstoff bestehendes Gemenge.

s) Tripolith von B. v. Schenk in Heidelberg, ein Ersatzstoff für Gyps, bestehend aus einer Mischung von Gyps und Kalk, Magnesiumcarbonat und Sand, welche mit $^1/_{10}$ Gewichtstheilen Kohle oder Coaks mässig gebrannt wird. Tripolith liefert gemahlen ein graues Pulver, ist weicher und feiner, weniger hygroskopisch und daher im Breizustande und nach der Erhärtung leichter wie Gyps, obwohl er dasselbe Gewicht wie dieser besitzt; er bindet ebenso schnell wie Gyps, ist frostbeständig und sehr fest, kann mit Lauge und Seife abgewaschen werden, verträgt eine ziemliche Hitze und treibt nur wenig. Man verwendet ihn zu Stucksachen, zum Putz (mit einem gleich grossen Zusatz von Grubensand oder der doppelten Menge von Flusssand) und zu chirurgischen Verbänden.

t) Ersatz für Gypsstuck. Aus einer Mischung von aufgeweichtem Papier, Thon, Schlämmkreide und Leimwasser oder Leinöl bereitet man eine weiche, knetbare Masse und drückt dieselbe in Gypsformen ein. Man erhält auf diese Weise sogenannte Steinpappe (*carton pierre*), welche sich etwa um die Hälfte theurer stellt als Gypsstuck und selten scharfe Kanten besitzt, so dass die geformten Gegenstände meistens mit der Hand nachgearbeitet werden müssen. Diese Gegenstände widerstehen nicht den Witterungseinflüssen und können daher nur im Inneren der Gebäude verwendet werden. Aus Steinpappe stellt man Bilderrahmen, Decorationsmöbel, Kronleuchter, Hohlkehlen für Zimmerdecken u. s. w. her. Bei den Hohlkehlen werden die Ober- und Unterglieder aus Holzleisten, die eigentlichen Kehlen dagegen aus Pappe gebildet.

Einen anderen Ersatzstoff für Gypsstuck liefert das Papiermaché, welches aus Papierbrei und Gyps (oder Kreide) bereitet und in Formen gepresst, oder besser aus übereinander geklebten Papierblättern gebildet wird. Papiermaché ist weicher und leichter wie Steinpappe und daher zu Deckendecorationen besser geeignet, jedoch theurer.

u) Kokos-Gypsdielen (Kokolithplatten) von Franz Schmeisser (fabricirt von E. Süssmilch in Leipzig). Diese Dielen bestehen aus einem Gemenge von Gypsbrei und Cocosfasern und besitzen im Allgemeinen die

selben Eigenschaften wie die Mack'schen Hartgypsdielen. Die reichlich beigemengten Cocosfasern durchziehen wie ein festes Gewebe den Gyps nach allen Seiten und verleihen den Platten Festigkeit und einen gewissen Grad von Elasticität. Die Platten kommen in Stärken von $1\frac{1}{2}$—5 *cm* in den Handel und werden in derselben Weise verwendet wie die Hartgypsdielen.

B. Die Wassermörtel.

§ 214. Einleitung.

Wassermörtel oder hydraulische Mörtel haben die Fähigkeit, sowohl an der Luft als auch unter Wasser (ohne Einwirkung der Kohlensäure) vollständig zu erhärten, sofern ihre Bestandtheile eine genügend dichte Lagerung besitzen. Kein hydraulisches Bindemittel, in zerkleinertem Zustande unter Wasser gebracht, vermag sich jedoch in bewegtem Wasser zu einer festen, zusammenhängenden Masse zu verbinden. Der zertheilenden Kraft des Wassers wird ein hydraulischer Mörtel umso besser widerstehen, je grösser das Eigengewicht seiner Bestandtheile, also je dichter seine Lagerung ist; eine dichtere Lagerung kann aber auch durch Knetdruck erzielt werden.

Nach den Beschlüssen der Conferenzen des »internationalen Verbandes für die Materialprüfung der Technik« in München vom Jahre 1884 und in Dresden vom Jahre 1886 (über einheitliche Untersuchungsmethoden bei der Prüfung von Bau- u. s. w. Materialien auf ihre mechanischen Eigenschaften), sollen die hydraulischen Bindemittel folgendermaassen classificirt werden:*)

1. Hydraulische Zuschläge sind natürliche oder künstliche Stoffe, welche im Allgemeinen nicht selbständig, sondern in Verbindung mit Aetzkalk hydraulisch erhärten, z. B. Puzzolanerde, Santorinerde, ein aus geeignetem vulkanischen Tuff (Trassstein) erzeugter Trass, Hochofenschlacken, gebrannter Thon u. s. w.

2. Puzzolan-Cemente sind Erzeugnisse, welche durch innige Mischung pulverförmiger Kalkhydrate mit staubfein zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen gewonnen werden.

3. Hydraulische Kalke sind Erzeugnisse, welche durch Brennen von mehr oder weniger thon- (oder kieselsäure-) haltigen Kalksteinen gewonnen werden und, mit Wasser genetzt, sich mitunter ganz (d. h. breiartig), in der Regel aber zu Pulver löschen. Nach örtlichen Verhältnissen werden dieselben entweder in Stückform oder hydratisirt in Mehlform in den Handel gebracht.

4. Romancemente (oder Cementkalke) sind Kalke von hohem Kieselsäuregehalt und Erzeugnisse, welche aus thonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Netzung mit Wasser nicht löschen, sondern durch mechanische Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden müssen. Sie haben von allen hydraulischen Bindemitteln die kürzeste Bindezeit.

5. Portlandcemente sind Erzeugnisse, welche aus natürlichen Kalkmergeln oder künstlichen Mischungen thon- oder kalkhaltiger Stoffe durch Brennen bis zur Sinterung (auf circa 1600° *C.*) und darauf folgender Zer-

*) Diese Conferenzbeschlüsse sind im Buchhandel bei Theodor Ackermann in München erschienen.

kleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen werden und auf einen Gewichtstheil Hydraul-Factoren (Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd) mindestens 1·7, höchstens 2 Gewichtstheile Kalkerde als wesentlichste Bestandtheile enthalten. Zur Regelung technisch wichtiger Eigenschaften ist ein Zusatz fremder Stoffe bis zu 2% des Gewichtes ohne Aenderung des Namens zulässig.

6. Gemischte Cemente sind Erzeugnisse, welche durch innige Mischung fertiger Cemente mit geeigneten Zuschlägen gewonnen werden; derartige Bindemittel sind nach dem Grundstoff und der Angabe des Zuschlages ausdrücklich als »gemischte Cemente« zu benennen.

Bevor mit der Besprechung der verschiedenen hydraulischen Bindemittel begonnen wird, sollen noch die zur Beurtheilung und einheitlichen Prüfung der hydraulischen Bindemittel auf der letzten Wiener Conferenz gefassten Beschlüsse hier mitgetheilt werden. (Aus dem Handbuch der Architektur, Th. I, Bd. I, S. 143 ff.)

A. Allgemeines.

1. Wenn es sich um die Verwendung hydraulischer Bindemittel zu einem bestimmten Zwecke handelt, so muss bei Prüfung derjenigen derselben, unter denen die Auswahl getroffen werden soll, diesem Verwendungszwecke und den zur Verfügung stehenden Zuschlagsstoffen (Sand, Kies, Schlacken u. s. w.) Rechnung getragen werden, d. h. die Proben sind im engsten Anschluss an den Verwendungszweck und mit den zur Verfügung stehenden Zuschlagsstoffen auszuführen. Solche Proben sind durch die sogenannten Normenproben nicht zu ersetzen. (Canaldeckel und Röhren sollen nach der Methode von Prof. Bauschinger geprüft werden; siehe »Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Königlich polytechnischen Schule in München«, Heft 7, München 1877.)

2. Die Zug- und Druckfestigkeit des Cementmörtels, so wie sie jetzt normengemäss bestimmt wird (siehe § 220), ist für die Dauerhaftigkeit der Bauten nicht allein maassgebend; es kommen vielmehr noch mehrere wichtige Momente in Betracht, beispielsweise Wetterbeständigkeit, Sprödigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Adhäsionsfestigkeit, Volumenbeständigkeit der Mörtel,

2. Feinheit der Mahlung. Die Feinheit der Mahlung hydraulischer Bindemittel ist mittelst Siebe von 900 und 4900 Maschen für das Quadratcentimeter für Portlandcement und von 900 und 2500 Maschen für das Quadratcentimeter für die übrigen hydraulischen Bindemittel zu bestimmen und dabei zu jeder Probe die Menge von 100 *g* zu verwenden. Die Drahtstärken jener Siebe sollen sein:

bei 4900	2500	900 Maschen für das Quadratcentimeter
0·05	0·07	0·1 *mm*,

und wird empfohlen, die Siebe von nur einer Quelle zu beziehen.

3. Abbindeverhältnisse:

α) Für alle hydraulischen Bindemittel mit Ausnahme der Puzzolane (Trass):

a) Die Abbindeverhältnisse sind immer bei einer Temperatur von 15—18° *C.* zu untersuchen.

b) Sie sind zu ermitteln an einem Brei von Normalconsistenz. Zur Feststellung derselben dient der mit Normalnadel zu vereinigende Consistenzmesser, bestehend aus einem Schaft mit 300 *g* Gewicht und 1 *cm* Durchmesser und einer cylindrischen Dose von 4 *cm* Höhe und 8 *cm* Weite aus einem wasserundurchlässigen, schlechten Wärmeleiter (am besten Hartgummi).

Zur Bestimmung der Normalconsistenz rühre man 400 *g* des hydraulischen Bindemittels mit einer angenommenen Wassermenge zu einem steifen Brei, arbeite diesen mittelst eines löffelartigen Spatels, und zwar bei Langsambindern genau 3 Minuten lang, bei Raschbindern 1 Minute lang, durch und fülle, ohne zu rütteln, die Dose des Consistenzmessers. Nach erfolgtem Abstrich der Breioberfläche wird der Schaft des Consistenzmessers behutsam in den Brei herabgelassen.

Die Breiconsistenz eines hydraulischen Bindemittels ist als normal anzusehen, wenn der Schaft des Consistenzmessers in einer Höhe von 6 *mm* über der Bodenfläche der Dose stecken bleibt.

c) Die Abbindeverhältnisse sind zu ermitteln mittelst einer 300 *g* schweren Normalnadel mit 1 mm^2 kreisförmigen Querschnittfläche und derselben Dose wie vorhin.

Man rühre 400 *g* des hydraulischen Bindemittels mit der unter β) bestimmten Wassermenge zu einem Brei an, indem man bei Langsambindern 3 Minuten, bei Raschbindern 1 Minute lang umrührt, und fülle damit die Dose eben.

Der Erhärtungsbeginn ist eingetreten, wenn die Nadel den Kuchen nicht mehr gänzlich durchdringt. Er kann bei Raschbindern auch mittelst des Thermometers bestimmt werden.

Um die Bindezeit zu bestimmen, kehrt man die Dose um. Jedes hydraulische Bindemittel kann als abgebunden bezeichnet werden, sobald die Erhärtung so weit vorgeschritten ist, dass die Normalnadel am Kuchen keinen Eindruck mehr hinterlässt. Die hierzu erforderliche Zeit heisst Bindezeit.

Ob ein hydraulisches Bindemittel als rasch oder langsam bindend zu bezeichnen sei, entscheidet der Erhärtungsanfang.

d) Als Vorprobe für die Bestimmung der Bindezeit kann auch die Kuchenprobe gemacht werden. Dabei werden 100 *g* des zu prüfenden Cementes mit Wasser zu einem Brei von Normalconsistenz bei Langsambindern 3, bei Raschbindern 1 Minute lang angerührt und daraus auf ebener

Glasplatte ein Kuchen von etwa 2 *cm* Dicke geformt. Derselbe gilt als abgebunden, wenn er einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht.

e) Zusatz: Es ist wünschenswerth, dass, von der Normalconsistenz ausgehend, Abbindungsversuche auch mit höheren Wasserzusätzen gemacht werden.

β) Für Puzzolane (Trass).

Die feingepulverte, bei 100—110° *C.* getrocknete Puzzolane wird auf den Glühverlust (gebundenes Wasser) und mittelst der 300 *g* schweren Normalnadel mit 1 mm^2 kreisförmigem Querschnitt auf die Anfangserhärtung unter Wasser möglichst bei 15° *C.*, jedenfalls unter Berücksichtigung der Temperatur, in einer Mischung von 2 Gewichtstheilen Puzzolane (Trass), 1 Gewichtstheil Kalkhydratpulver und 1 Gewichtstheil Wasser geprüft.

Der in die Dose eingefüllte und glatt abgestrichene Mörtel soll sofort unter Wasser gebracht und nach 2, 3, 4 und 5 Tagen in der Weise geprüft werden, dass ermittelt wird, mit welcher Belastung die obige Normalnadel den Mörtel durchdringt, wobei die angewendete Dose jedoch nicht über 4 *cm* hoch sein darf.

4. Volumenbeständigkeit.

α) Portlandcement.

a) Zur Gewinnung eines rascheren Urtheiles über die Volumenbeständigkeit von Portlandcement bei Erhärtung in Wasser oder im vor Austrocknung geschützten Zustande wird die einfache Darrkuchenprobe empfohlen, welche wie folgt auszuführen ist:

Der Cement wird mit Wasser zu einem Brei von Normalconsistenz angerührt und auf einer ebenen, dünnen Glasplatte zu Kuchen von 8—10 *cm* Durchmesser und etwa 2 *cm* Dicke ausgegossen. Zwei dieser Kuchen, welche zur Vermeidung von Schwindrissen vor Austrocknung zu schützen sind, werden nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, mit ihrer ebenen Fläche auf einer ebenen Metallplatte ruhend, einer Temperatur von 110—120° *C.* so lange (mindestens aber 1 Stunde lang) ausgesetzt, bis keine Wasserdämpfe mehr entweichen. Zeigen die Kuchen nach dieser Behandlung weder Krümmungen noch Kantenrisse, so ist das betreffende Bindemittel als volumenbeständig zu betrachten; im anderen Falle ist das Resultat der jetzt allgemein gebräuchlichen Kuchenprobe auf Glasplatten abzuwarten, welche als entscheidend gilt.

Bei Anwesenheit von mehr als 3% wasserfreiem schwefelsaurem Kalk (oder entsprechendem Gehalt an ungebundenem Gyps) ist die Darrprobe nicht maassgebend.

b) Die entscheidende Probe auf Volumenbeständigkeit ist die Kuchenprobe auf Glasplatten (Plattenprobe), welche folgendermaassen auszuführen ist:

100 *g* des zu prüfenden Cementes werden mit Wasser zu einem Brei von Normalconsistenz angerührt und daraus auf einer ebenen Glasplatte ein Kuchen von etwa 2 *cm* Dicke geformt. Zwei dieser Kuchen, welche zur Vermeidung von Schwindrissen vor Austrocknung geschützt wurden, werden nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, unter Wasser aufbewahrt, und es gilt das Bindemittel als volumenbeständig, wenn die Kuchen nach Verlauf von 28 Tagen keinerlei Krümmungen oder Kantenrisse zeigen.

c) die Kochprobe ist als unbedingt zuverlässigste und schnellste Probe zur Ermittelung der Volumenbeständigkeit für Portlandcement, Schlackencement und Trass anzusehen.

Die nachstehend beschriebene Ausführung der Kochprobe wurde der Subcommission zur Prüfung und seinerzeitigen Berichterstattung zugewiesen.

50 *g* des zu prüfenden Cementes werden in annähernd Normalconsistenz, d. h. mit 13—15 *g* Wasser, eine Minute lang durchgearbeitet und zu den bekannten Glasplatten-Kuchen (1 *cm* in der Mitte dick, nach den Rändern dünn auslaufend) angemacht, in einem mit Wasserdampf gesättigten bedeckten Raume 24 Stunden der Erhärtung überlassen, sodann entweder von der Glasplatte gelöst oder auch mit der Glasplatte in ein kaltes Wasserbad gebracht, welches langsam, d. h. in etwa 10 Minuten, zum Sieden gebracht wird, zweckmässig bei aufgelegtem Deckel zur Beschränkung der Wasserverdampfung. Der Kuchen soll ganz im kochenden Wasser sich befinden; im Falle Wasser nachzugeben ist, soll dieses in kleinen Portionen geschehen, so dass das Wasser immer alsbald wieder auf den Kochpunkt kommt.

Der ständigen Commission wird ferner empfohlen, bei Prüfung der Methoden zur Ermittelung der Volumenbeständigkeit auch die Cement-Sand-Mischung zu berücksichtigen. Es hatte sich bei von Bauschinger angestellten Versuchen gezeigt, dass Cemente, welche die »Normal-Kuchenproben« vollständig bestanden hatten (und zwar nicht bloss nach 28 Tagen, sondern auch nach einem halben und einem ganzen Jahre), in Prismen von 5 cm^2 Querschnitt und 12 *cm* Länge, hergestellt im Mischungsverhältnisse 1:3, im Bauschinger'schen Apparate nach einem halben Jahre und später schon bei Besichtigen mit blossem Auge deutliches und starkes Treiben zeigten.

β) Hydraulische Kalke und Romancemente;

a) für dieselben wird die unter α, *b* angeführte Plattenprobe unter Wasser anempfohlen;

b) die Würdigung der Kochprobe für diese hydraulischen Bindemittel wird der ständigen Commission anheimgegeben.

γ) Puzzolane (Trass);

a) für dieselben wird die folgende Methode empfohlen:

Eine Mischung von 2 Gewichtstheilen Puzzolane (Trass), 1 Gewichtstheil Kalkhydratpulver und 1 Gewichtstheil Wasser wird in eine oben offene, nach unten sich etwas verjüngende, starkwandige Metalldose (verzinktes Eisenblech) von 3—4 *cm* Höhe und 6—8 *cm* oberer Weite eingefüllt, glatt abgestrichen und sofort in ein mit Wasser gefülltes Gefäss gesetzt, so dass das Wasser 2 *cm* hoch über dem oberen Rande der Dose steht. Der erhärtende Mörtel darf weder über den Rand der Dose hervorstehen, noch sich wölben. Die Dose muss einen festen Boden haben, damit der Mörtel sich nur nach oben hin ausdehnen kann.

b) Die Kochprobe ist als unbedingt zuverlässigste und schnellste Probe zur Ermittelung der Volumenbeständigkeit auch für Trass anzusehen.

5. Festigkeitsproben.

α) Für alle hydraulischen Bindemittel mit Ausnahme der Puzzolane (Trass).

a) Die Festigkeitsproben sollen an Mischungen von 1 Gewichtstheil des Bindemittels mit 3 Gewichtstheilen Sand gemacht werden. Es ist jedoch wünschenswerth, dass auch Proben mit höherem Sandzuschlag ausgeführt werden.

b) Der zu verwendende Sand soll Normalsand (vergl. § 220) sein, zu erzeugen aus möglichst reinem Quarzsande. Den anderen Ländern, ausser Preussen, soll es überlassen bleiben, sich ihren Normalsand zu beschaffen, und zwar wo möglich derart, dass er mit jenem Normalsand von gleicher Wirkung in Bezug auf die erzielten Festigkeitsresultate sein soll. Ist dieses nicht zu ermöglichen, so sollen zweckmässige Vergleichs-Coëfficienten zu ermitteln gesucht werden.

c) Die Drahtstärken der Sandsiebe sollen sein beim

60- 120-Maschensiebe
0·38 ...... 0.32 Millimeter.

d) Vom Normalsande ist das Volumengewicht mittelst des Normal-Litergefässes im eingesiebten Zustande festzustellen.

e) Die maassgebende, werthbestimmende Festigkeitsprobe ist die Druckprobe; sie wird an Würfeln mit 50 cm^2 Querschnittsfläche vorgenommen.

f) Die gewöhnliche Qualitätsprobe (Controlprobe für die abzuliefernde Ware) ist die Zugprobe, vorgenommen mittelst des deutschen Normalapparates an Probekörpern von der deutschen Normalform mit 5 cm^2 Bruchquerschnitt. (Siehe § 220, Normen.)

g) Die Bestimmung der Normal-Mörtelconsistenz und die Aufsuchung einer zweckmässigen maschinellen Herstellung der Probekörper, insbesondere der Bedingungen, durch welche gleiche Dichte der Zug- und Druckkörper erzielt wird, bleibt der ständigen Commission überwiesen. Bis auf Weiteres können Zug- und Druckkörper von Hand hergestellt werden, und zwar von möglichst gleicher Dicke.

h) Zur Erhebung der Zug- und Druckfestigkeit sind für jede Altersclasse je sechs Probekörper nöthig. Das arithmetische Mittel aus den vier höchsten der gewonnenen Zahlen ist als maassgebend anzusehen.

i) Sämmtliche Probekörper müssen die ersten 24 Stunden in einem mit Wasserdampf gesättigten Raum in der Luft, die übrige Zeit bis unmittelbar zur Vornahme der Probe unter Wasser von der Temperatur 15—18° *C.* aufbewahrt werden, das alle 7 Tage zu erneuern ist.

Quarzsand zu sein. Zur Prüfung der Druckfestigkeit sind Präcisionsmaschinen zu verwenden.

6. Adhäsionsfestigkeit.

Die Ermittelung genügender Prüfungsmethoden, bei denen womöglich der deutsche Normal-Zugfestigkeitsapparat (siehe § 221) verwendet werden soll, bleibt der ständigen Commission überlassen.

7. Ausgiebigkeit verschiedener hydraulischer Bindemittel bei der Mörtelbereitung.

Die Ausgiebigkeit des Mörtels wird entweder mittelst des bekannten Mörtel-Volumenometers ermittelt oder rechnungsmässig nach Stahl's Methode. In Bezug auf letztere muss auf das XIV. Heft der »Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der technischen Hochschule zu München«, S. 252—270, München 1886, verwiesen werden.

8. Einwirkung von Meerwasser auf hydraulische Bindemittel.

Der ständigen Commission wurde die Aufgabe gestellt, Ermittelungen über die Einwirkung des Meerwassers auf hydraulische Bindemittel anzustellen. Bei den Versuchen sollen auch hochmagere Feinsand-Mischungen berücksichtigt werden. —

§ 215. Kalkmörtel mit hydraulischen Zuschlägen.

Schon im Alterthume bereitete man Wassermörtel aus gelöschtem, fettem Kalk, staubfreien, zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen und Wasser; so z. B. benutzten die alten Römer vielfach eine Mischung von Aetzkalk, Puzzolanerde und Wasser zur Herstellung von Wasserbauten. Als hydraulische Zuschläge (cementirende Stoffe) verwendet man heutzutage Puzzolanerde, Santorinerde, vulkanischen Tufstein (Duckstein oder Trass), gebrannten Thon (Ziegelmehl), basische Hochofenschlacken, Kohlenasche u. s. w., ferner auch zerkleinerte feldspathhaltige, beziehungsweise thonerdehaltige Gesteine (z. B. Basalt, Porphyr, Trachyt) an Stelle des Sandes. Alle diese Zuschläge besitzen leicht aufschliessbare Silicate von Thonerde, Eisenoxyd, Magnesia, Kalkerde und Alkalien. Die Bestandtheile Kieselerde und Thonerde sind in den von Vulcanen stammenden Gesteinen (Puzzolane, Santorin, Trass) schon durch die vulkanische Hitze aufgeschlossen, so dass diese Gesteine zur Mörtelbereitung unmittelbar verwendet werden können, während bei den anderen Zuschlägen diese Stoffe erst künstlich durch Feuer (Brennen oder Schmelzen der Masse) aufgeschlossen werden müssen.

Die Erhärtung des Kalkmörtels mit hydraulischen Zuschlägen, bei welcher sich Kalk mit Kieselerde und Kalk mit Thonerde oder Eisenoxyd unter Eintritt von Wasser verbindet, geht sehr langsam vor sich, erreicht aber allmälig einen hohen Grad.

a) **Puzzolane** (Puzzuolane), von Puzzuoli bei Neapel, ist ein der Hauptsache nach aus Kalk, Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd bestehender, erdiger, poröser, wenig homogener, zerreiblicher vulkanischer Tuff und bildet gemahlen ein weiches, braunrothes oder aschgraues, zuweilen auch schwarzes, glanzloses, gemischtkörniges Pulver, dessen hydraulische Eigenschaften um so grösser sind, je feinere und je mehr in Salzsäure lösliche Stoffe es enthält. Nach Berthier besteht die italienische Puzzolanerde aus 44·5% Kieselsäure, 15% Thonerde, 8·8% Kalk, 4·7% Magnesia, 1·4% Kali, 4·1% Natron,

12% Eisenoxyd und 9·2% Wasser. Ihr specifisches Gewicht ist 2·4, und es wiegt ein Hektoliter gesiebter und loser Puzzolanerde 88 *kg*.

Künstliche Puzzolane stellt man aus einem Gemenge von 1 Gewichtstheil fettem Kalkbrei, 4 Theilen Thon und $^1/_4$ Theil Sand her, indem man diese Masse zu Ziegeln formt, trocknet, brennt und dann pulverisirt.

Puzzolanmörtel wird entweder in der Weise bereitet, dass man den fertigen Kalkbrei mit der Puzzolanerde (mit oder ohne Sandzusatz) innig vermischt, oder bei Verwendung ungelöschten gebrannten Kalkes in der Weise, dass man den letzteren mit Puzzolanerde und Sand bedeckt, diese Decke mit Wasser besprengt, um ein Löschen des Kalkes unter ihr herbeizuführen, dann die Masse sehr sorgfälltig durcharbeitet und behufs Erzielung einer möglichst grossen Geschmeidigkeit schlägt, auch wohl knetet.

Das Mischungsverhältniss ist abhängig von dem Zwecke der Verwendung; meistens wird dasselbe so gewählt, dass die Zwischenräume der Puzzolanerde (und des Sandes) mit Kalkbrei gut ausgefüllt sind. Gewöhnliche Mischungen sind:

1 Gewichtstheil Kalk, 2 Gewichtstheile Sand, 3 Gewichtstheile Puzzolane,

oder: 1 Gewichtstheil Kalk, 3 Gewichtstheile Sand, 3 Gewichtstheile Puzzolane,

oder: 1 Gewichtstheil Kalk, 1—2 Gewichtstheile Puzzolane,

oder: 3 Gewichtstheile Kalk, 4 Gewichtstheile Sand, 4 Gewichtstheile Puzzolane

mit dem nöthigen Wasserzusatze.

In einem Artikel der »Gazette des Architects«, 1883, S. 87, wird als Mörtel eine Mischung von:

15 Gewichtstheilen gelöschtem Kalk und 85 Gewichtstheilen Puzzolane für Bruchsteinmauerwerk;

30 Gewichtstheilen gelöschtem Kalk und 70 Gewichtstheilen Puzzolane für Ziegelmauerwerk;

40 Gewichtstheilen gelöschtem Kalk und 60 Gewichtstheilen Puzzolane für Putzarbeiten empfohlen.

Auch eine Mischung aus 21 Gewichtstheilen Kalk, 28 Gewichtstheilen

bereitete Mörtel seine unter Wasser erlangte Härte an der Luft wieder liert, namentlich aber durch Einwirkung der Sonnenstrahlen mürbe und ckelig wird. Aus letzterem Grunde darf Santorinmörtel nur für Bauten wendet werden, die stets unter Wasser bleiben.

Viel benutzt wurde Santorinmörtel zu den Wasserbauten am adriatischen ere (Triest, Venedig, Fiume u. s. w.) und in Aegypten.

Nach den Versuchen von Boemches am Triester Hafenbau erreicht ntorinmörtel binnen Jahresfrist im Meerwasser, dem er schon nach wenigen gen widerstand, eine grössere Festigkeit als Portlandcement-Mörtel.

Bewährt haben sich Mörtel aus 75—80% Santorinerde und 20—25% lkbrei ohne weiteren Wasserzusatz.

c) **Trass oder Duckstein** stellt einen auf dem Bruch erdigen, meistens rösen, zuweilen aber auch dichten vulkanischen Tuff von bläulicher oder uer, auch schmutziggelber Farbe dar. (Siehe § 55.) Der beste Trass mmt von den alten Vulcanen der Eifel und besteht nach Gottgetreu rchschnittlich aus 57% Kieselsäure, 16·8% Thonerde, 2·6% Kalk, 1% Magia, 7% Kali, 1% Natron, 5% Eisen- und Titanoxyd und 9·6% Wasser. rzüglich ist auch der aus dem Nettethale stammende, sogenannte ndernacher Trass, mit etwa 19% löslicher Kieselsäure, 7·5% löslicher onerde, und 26% in Salzsäure löslichen Alkalien. Früher lieferte das ohlthal bei Andernach a. Rh. den besten Trass; da die guten Lager er dortselbst nahezu erschöpft sind, so erhält man jetzt aus dem Brohlthale istens nur noch einen minderwerthigen, aus Tuffasche bestehenden Trass n gelblicher Farbe (Bergtrag, wilden Trass). Trassähnliche Gesteine det man auch in Bayern, bei Mannheim, in den Karpathen, in Irland s. w.

Der echte Trass kommt in Stücken in den Handel und wird in feinnahlenem Zustande zu Wasser- und Festungsbauten, namentlich in Deutschd, verwendet. Der in gepochtem oder gemahlenem Zustande käufliche ass ist häufig verfälscht, indem minderwerthige Sorten (wilder Trass), auch on mit guten Sorten (echtem Trass) vermischt werden; deshalb empfiehlt sich, den Trass stets in Stücken zu beziehen und ihn selbst auf der Baulle zu mahlen. Die Trassstücke müssen scharfkantig sein, auch muss sich s Trassmehl scharf anfühlen. Die Güte des Trass kann man ferner bei er Glühprobe erkennen, denn der Gehalt an Glühwasser wächst mit der alität. Nach Herfeldt soll jeder echte Trass wenigstens 7% Hydratwasser hverlust geben, und es soll die Vicat'sche Normalnadel ein Gemenge von Gewichtstheilen Trass, 1 Gewichtstheil Kalkhydratpulver und 1 Gewichtsil Wasser, sofort unter Wasser von 15° *C.* Wärme gebracht, nach Tagen bei einer Belastung von 330 *g*, nach 3 Tagen bei einer solchen von 0 *g*, nach 4 Tagen bei 910 *g* Belastung und nach 5 Tagen bei 1200 *g* lastung nicht mehr durchdringen.

Hat das Aufbewahrungswasser eine andere Temperatur, so ist auch die fangserhärtung eine andere, und zwar wirkt der Wärmegrad auf die Ertung ungefähr im quadratischen Verhältniss ein. Ein ferneres Unterscheingsmerkmal bildet das Gewicht; es wiegt der beste blaue Trass etwa *kg*, der gute gelbe 89 *kg*, der Brohlthaler 85 *kg* und der wilde Trass nur *kg* für das Hektoliter, es wächst demnach das Gewicht des Trass mit der te. Bei diesen Gewichten soll der gemahlene Trass, durch ein Sieb von

530 Maschen für das Quadratcentimeter geworfen, keinen grösseren Rückstand als 11% ergeben. Weiters soll gemahlener Trass, in ein mit Wasser gefülltes Glas geschüttet und in demselben umgerührt, sich aus dem Wasser wieder vollständig absetzen und hierbei keine verschiedene Schichtung annehmen.

In Amsterdam wird künstlicher Trass aus stark gebranntem, dem Meeresboden entnommenem Thon hergestellt. Zu erwähnen ist auch noch der künstliche Trass von C. Heintzel in Lüneburg; dieser Trass (vom Fabrikanten Neutrass genannt) wird aus einer Mischung von gebranntem, durch Eintauchen in Wasser in staubfeines, trockenes Kalkhydratpulver verwandeltem Kalk und geschlämmter, getrockneter, schwach geglühter und gemahlener Infusorienerde bereitet. Die Mischung besteht aus gleichen Gewichtstheilen Kalk und Infusorienerde, wenn der Neutrass zu Bauten unter Wasser verwendet werden soll, anderenfalls aus 1 Gewichtstheil Infusorienerde und 2 Gewichtstheilen Kalkhydrat. Nach der »Deutschen Industriezeitung«, 1879, S. 180, betrug die Zugfestigkeit eines Mörtels aus 1 Gewichtstheil Infusorienerde, 1 Gewichtstheil Kalkhydrat und 6 Gewichtstheilen Sand nach 7tägiger Erhärtung an der Luft und 21tägiger unter Wasser 2·7 *kg* für das Quadratcentimeter.

Von der Conferenz zur Bestimmung einheitlicher Prüfungsmethoden wurde im Jahre 1886 in Dresden festgesetzt, dass bei Prüfungen von Trassmörtel ein Trassmehl von solcher Feinheit gewählt werden soll, dass von ihm 75% durch ein 900-Maschensieb und 50% durch ein 4900-Maschensieb gehen; man soll bei der Zerkleinerung des Trasssteines die gröberen Theile nicht aussieben und fortwerfen, sondern die Pulverisirung so lange fortsetzen, bis die ganze Masse die vorerwähnte Feinheit besitzt.

Dieses Trassmehl soll darauf mit nur reinem Luftkalk (Marmorkalk) vermischt und so viel als möglich eine Wärme von 15—18° *C.* sowohl für das Anmachewasser als auch für das Aufbewahrungswasser inne gehalten werden. Zur Prüfung sind Mischungen aus 2 Gewichtstheilen Trassmehl, 1 Gewichtstheil Kalkhydratpulver, 3 Gewichtstheilen Normalsand und 1 Ge-

kg für das Quadratcentimeter, endlich bei einer Mischung von 1 Raum-
Trass, $1\frac{1}{4}$ Raumtheilen Fettkalk und 4 Raumtheilen Sand zu 97·28 *kg*
das Quadratcentimeter. Aus diesen Ermittlungen geht hervor, dass die
igkeit des Trassmörtels sich bei wachsendem Sandzusatz nur wenig
ert. Der Sandzusatz kann umso grösser gewählt werden, je fetter der
: ist. Im Rheinland bereitet man Trassmörtel aus Fettkalk von 95—97%
aus Wasserkalk mit 80 und mehr Procenten Kalkgehalt.

Die bei Bremer Hafenbauten mit Trassmörtel angestellten Festig-
untersuchungen ergaben für ein Gemenge aus 1 Theil bestem Nettethaler
ss, 1 Theil Lengericher Kalk und 1 Theil Normalsand nach vier Wochen
Zugfestigkeit von 14—17 *kg* und eine Druckfestigkeit von 77—101 *kg*
das Quadratcentimeter.

Die Zugfestigkeit des Trassmörtels ist abhängig von der Feinheit
Trassmehles, wie aus folgender, von Stahl (im »Wochenblatt für Bau-
le«, 1877) veröffentlichten Tabelle ersichtlich ist.*)

Mischungen nach Raumtheilen							Mittlere Zugfestigkeit in *kg* für das *cm*²	Trass Nr.	Rückstand zwischen dem Maschensieb
[Ka]lk	Trass					Sand			
	I	II	III	IV	V				
1	1	—	—	—	—	1	1·85	I =	60—120
1	—	1	—	—	—	1	3·51	II =	120—900
1	—	—	1	—	—	1	6·70	III =	900—2500
1	—	—	—	1	—	1	9·55	IV =	2500—5000
1	—	—	—	—	1	1	12·15	V =	Durch das 5000-Maschensieb gegangen

Herfeldt**) empfiehlt folgende Mischungen:

1	Raumtheil	Trass,	$\frac{1}{2}$	Raumtheil	Fettkalk,	1	Raumtheil Sand
1	»	»	$\frac{3}{4}$	»	»	2	» »
1	»	»	1	»	»	3	» »
1	»	»	$1\frac{1}{4}$	»	»	4	» »

Als starker Trassmörtel gilt eine Mischung von 1 Gewichtstheil Trass
2 Gewichtstheilen gelöschtem Kalk, als Bastard-Trassmörtel z. B.
Gemenge von 1 Gewichtstheil Trass, $2\frac{1}{2}$ Gewichtstheilen gelöschtem
k und 1—3 Gewichtstheilen Sand.

Zur Bereitung von 1 m^3 Trassmörtel sind nach Hauenschild erforder-
bei einer Mischung von:

2 Raumtheilen Trass, 1 Raumtheil Kalk, 0 Raumtheil Sand = 930 *l*
ss, 470 *l* Kalk, 0 *l* Sand;

1 Raumtheil Trass, $\frac{1}{2}$ Raumtheil Kalk, 1 Raumtheil Sand = 590 *l*
ss, 290 *l* Kalk, 590 *l* Sand;

1 Raumtheil Trass, $\frac{3}{4}$ Raumtheil Kalk, 2 Raumtheilen Sand = 400 *l*
ss, 300 *l* Kalk, 790 *l* Sand;

*) Ueber das Mahlen von Tuffstein findet man Näheres im »Wochenblatt für
kunde«, 1883, S. 151.

**) Siehe G. Herfeldt, »Mittheilungen über Trassmörtel«, Andernach 1880.

1 Raumtheil Trass, 1 Raumtheil Kalk, 3 Raumtheilen Sand = 310 *l* Trass, 310 *l* Kalk, 900 *l* Sand;

1 Raumtheil Trass, $1\frac{1}{8}$ Raumtheile Kalk, 4 Raumtheilen Sand = 250 *l* Trass, 280 *l* Kalk, 1000 *l* Sand.

Die Festigkeit ist bei allen diesen Trassmörtelmischungen nahezu die gleiche.

Trassmörtel liefert einen vorzüglichen Wassermörtel; seine Festigkeit ist eine ziemlich hohe; er härtet sehr kräftig nach, ist billiger wie Portlandcement und bildet bei sofortigem Versenken unter Wasser weniger Schlamm wie dieser; ferner wird sein Abbinden (nach Sigle) bei gelindem Frost nicht gestört, sondern nur unterbrochen, auch kann man ihn meistens an der Luft längere Zeit lagern lassen, ohne dass seine Güte darunter leidet. Seine Qualität wird noch durch einen Zusatz von hydraulischem Kalk statt gewöhnlichem Kalk wesentlich verbessert. Nach den bei den Arbeiten der Unterweser-Correction in Bremen gemachten Erfahrungen hat sich ein Mörtel aus 1 Theil Trass, 1 Theil Kalk und 3 Theilen Sand als dicht erwiesen; diese Mischung zeigte sich gegen Seewasser vollständig unempfindlich, denn eine Untersuchung nach Verlauf von 4—5 Jahren ergab keinerlei Beschädigung des Mörtels durch Seewasser.

In jüngster Zeit hat man Versuche mit Trass-Portlandcementmörtel gemacht, welche zu überraschenden Ergebnissen geführt haben. Der Portlandcement leidet fast immer an einem Ueberschuss von Kalk, welcher die vorzüglichen Eigenschaften des Cementes beeinträchtigt. Durch einen Zusatz von Trass wird der überschüssige Kalk unschädlich gemacht, die Festigkeit des Portlandcementmörtels wesentlich erhöht und seine Widerstandsfähigkeit gegen Säuren, Seewasser, Witterungseinflüsse u. s. w. gesteigert, auch wird der Mörtel billiger, weil Trassmehl weniger kostet als Portlandcement.

Empfohlen wird eine Mischung von:

$\frac{2}{3}$ Gewichtstheilen Portlandcement, $\frac{1}{3}$ Gewichtstheil Trass und 3 Gewichtstheilen Sand.

e) **Hochofenschlacken** entstehen beim Schmelzen von Erzen in Hochöfen und stellen ein Kalk-Thonerdesilicat dar; sie besitzen neben Kieselsäure erdige Theile der Erze, Zuschläge nebst Metalloxyden, oft auch etwas Schwefel, Phosphorsäure u. s. w. in vielfach wechselnder Menge und haben das specifische Gewicht 2·5—3·0. Aufgeschlossene kieselsaure Thonerde ist in den Schlacken sehr reichlich vorhanden, wenn letztere, mit Chlorwasserstoffsäure oder reiner Salzsäure begossen, gelatiniren, d. h. gallertartig und durchsichtig werden. Man benutzt sie fein gemahlen und gesiebt an Stelle des Sandes zur Kalkmörtelbereitung, ferner zur Herstellung von künstlichem Cement (siehe § 218, Schlackencement), Beton (siehe § 233) und künstlichen Steinen (siehe § 96, Schlackensteine).

Um die Schlacken leichter zerstampfen und mahlen zu können, bläst man in die noch flüssige Masse einen Dampfstrom ein, der die Schlacken in lange und dünne Fäden zertheilt, welche mit dem Namen »Schlackenwolle« bezeichnet werden. Eine grosse Festigkeit, Härte und Widerstandsfähigkeit erhält die Schlacke, wenn man sie tempert oder basaltirt, d. h. unter einer Kohlenlöschdecke langsam abkühlen lässt, wobei sie steinig wird. Durch dieses einfache Verfahren wird sie besonders zur Mörtelbereitung geeignet.

Eine bewährte Mischung soll (nach einer Mittheilung der »Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure«, 1868, S. 31) ein Gemenge aus 1 Gewichtstheil Kalk und 5 Gewichtstheile Schlackensand sein; diese als Wasser- und Luftmörtel gleich gut geeignete Mischung soll eine Festigkeit erlangen, welche fast $^{6}/_{10}$ von der des reinen Portlandcementes beträgt. (Vergl. auch § 196, Kalkmörtelbereitung.)

f) **Die vollständig ausgebrannten Aschen von Steinkohlen, Braunkohlen und Torf, sowie die bei der Zinkdestillation sich ergebenden, mit Kohlenasche vermengten Rückstände (sogenannte Räumasche)** liefern, mit gebranntem und gelöschtem Kalk vermengt, ebenfalls Wassermörtel. Bei Verwendung von Räumasche empfiehlt es sich, für Bruchsteinmauerwerk ziemlich grob gemahlene, für Ziegelmauerwerk feiner gesiebte Asche zu nehmen.

Empfohlen werden folgende Mischungen:

1. 1 Gewichtstheil zu Pulver gelöschter Kalk, 1—2 Gewichtstheile Steinkohlen-, Braunkohlen- oder Torfasche und Wasser.

2. 50 *kg* zu Pulver gelöschter Kalk und 50 *kg* geschlagene und gesiebte Asche werden mit Wasser zu einem steifen Teig angemacht, dem hierauf 0·5 *kg* Kaliwasserglas (von 33% *Bé.*), mit 1·5 *kg* Wasser verdünnt, beigemengt wird, worauf man das Ganze sorgfältig durcharbeitet. Dieses Gemenge soll nach »Dingler's polytechnischem Journal« (Bd. CLIV) sehr wetterbeständig sein, geschliffen und polirt werden können und sich auch als Fussbodenbelag eignen.

3. 50 *kg* zu Pulver gelöschter Kalk, 50 *kg* reiner Quarzsand, 100 *kg* grob gesiebte Steinkohlen- u. s. w. Asche, gleichfalls mit 0·5 *kg* Kaliwasserglas auf 1·5 *kg* Wasser vermischt und sorgfältig durchgearbeitet. Diese Mischung kann nach Gottgetreu auch zur Herstellung von Wasserbehältern, Deckplatten u. s. w. verwendet werden.

g) **Diorit- oder Diabasgesteine** sind nach Balling ebenfalls gut cementirende Stoffe. Diese Gesteine werden zerkleinert und dem dick angemachten Kalkbrei in gleicher Gewichtsmenge zugesetzt, dann werden aus dieser Masse Kugeln geformt, gebrannt und pulverisirt. Das Pulver wird mit Sand und Wasser vermischt als Wasser- und Luftmörtel benutzt.

Geeignet als Zusätze zum Kalkmörtel, um demselben hydraulische Eigenschaften zu verleihen, sind ferner pulverisirter Trachyt, Phonolith, Bimsstein, calcinirter Basalt, Basalt- und Trachyttuff, gebrannter und gemahlener Alaunschiefer, Lava u. s. w.

Aus gebranntem Chalcedon, einer Abart des Quarzes, einem gleichen Volumen Kalkbrei und 2 Volumen weissem Sand erhält man eine cementartige Masse (Chalcedoncement genannt), welche verputzt glänzend weiss erscheint und dem geschliffenen Marmor ähnelt.

§ 216. Hydraulischer Kalk.

Rohstoffe. Die hydraulischen Kalke bestehen aus einem Gemenge von Calciumcarbonat, Kieselsäure und einem Silicat (meistens Thonerdesilicat); sie hinterlassen, wenn sie in Salzsäure aufgelöst werden, einen unlöslichen, thonigen Rückstand, den sogenannten Kieselthon.

Zur Bereitung von Wassermörtel eignen sich besonders magere Kalksteine, die einen grösseren Gehalt an Kieselthon besitzen als etwa 20%. Man verwendet vorzugsweise Mergelkalke oder Bittermergelkalke (also bunten oder Keupermergel, dolomitischen Steinmergel, Liasmergel, Mergelschiefer, Wiesenmergel u. s. w.), auch thonreiche Muschelkalke. Geringen Werth besitzen die aus dolomitischen Kalken mit grossem Magnesiagehalt gebrannten hydraulischen Kalke. Nach Vicat's Untersuchungen gewinnt man aus Mergelkalken mit 20% Kieselthon einen gut brauchbaren und mit 25% einen vorzüglichen hydraulischen Kalk. Besitzt der kohlensaure Kalk mehr als 50% Thon, so gilt derselbe als Cement im engeren Sinne.

Das Brennen. Die natürlichen hydraulischen Kalksteine werden meistens nur bei mässiger, jedoch längere Zeit andauernder Rothgluthhitze gebrannt, so dass eine Sinterung (Frittung) nicht eintreten kann. Das Brennen wird in gewöhnlichen Kalköfen, beziehungsweise Schachtöfen (vergl. § 193) vorgenommen, in welche die Kalkstücke und der Brennstoff in abwechselnden Schichten eingebracht werden. Beim Brennen entweicht der grösste Theil der Kohlensäure und wird der Thon aufgeschlossen, so dass er die Fähigkeit erlangt, unter Wasser zu erhärten, wobei sich ein basisches Kalkhydrosilicat bildet. Brennt man den hydraulischen Kalkstein bei einer zu hohen Temperatur, so sintert er, wird klingend, todtgebrannt und zur Bereitung von Wassermörtel unbrauchbar.

Durch das Brennen erhalten die Kalksteinstücke einen erdigen Bruch. Ist der hydraulische Kalk reich an Alkalien und Eisenoxydul, so kommt der Thon vor dem Entweichen der Kohlensäure in Fluss und es entstehen Schlackenbläschen und eine blätterige Structur; im anderen Falle, wenn nämlich der Thon erst nach dem Entweichen der Kohlensäure schmilzt, zeigt der gebrannte Kalk nach dem Mahlen die Kugelform und besitzt eine geringe Dichtigkeit.

Nach Kuhlmann soll man die Güte des hydraulischen Kalkes dadurch erhöhen können, dass man demselben beim Brennen Pottasche hinzusetzt; auch soll es vortheilhaft sein, dem Kalksteine vor dem Brennen, und nachdem man ihn durch schwaches Erhitzen einsaugend gemacht hat, mit einer Lösung von kohlensaurem Natron zu tränken.

Je geringer die Temperatur beim Brennen der hydraulischen Kalksteine ist, desto schneller tritt die Erhärtung des aus ihnen bereiteten Mörtels ein; man kann sich daher durch richtige Wahl des Erhitzungsgrades beliebig

langsam oder schnell erhärtenden Mörtel erzeugen. Wird jedoch die Brenntemperatur zu niedrig bemessen, so brennen sich die Kalksteine nicht gar; die vollständig gargebrannten Stücke erkennt man an ihrer gleichmässigen, gelblichröthlichen Farbe, die ungaren enthalten einen Kern von meist grauer Farbe.

Schwach gebrannter hydraulischer Kalk erhitzt sich stärker als der bis zur Sinterung gebrannte, auch gibt er einen Mörtel von geringerer Festigkeit. Ebenso liefern lockere, leichte hydraulische Kalksteine einen weniger festen Mörtel als dichte und schwere.

Nach dem Brennen werden die Kalksteinstücke am besten sogleich zerkleinert, gemahlen und gesiebt. Dieser Staubkalk kann dann wie gewöhnlicher gelöschter Kalk sofort durch Vermischen mit der erforderlichen Sandmenge und Wasser als Mörtel verwendet werden. Mörtel aus hydraulischem Staubkalk zeichnet sich durch eine grosse Gleichmässigkeit aus; er enthält keine sogenannten Krebse oder Karne und eignet sich deshalb besonders zum Mauerputz.

Das Löschen von Stückkalk. Wird dagegen der gebrannte hydraulische Kalk in Stücken bezogen, so kann man ihn entweder durch Besprengen mit Wasser oder Eintauchen unter Wasser, niemals jedoch, oder wenigstens nur sehr schwer, auf nassem Wege wie gewöhnlichen Kalk zum Zerfall bringen und entweder noch während des Ablöschens Mörtel aus ihm bereiten, ihn activ verwenden, wobei er unter Wärmeentwickelung schnell, und zwar von innen nach aussen abbindet, oder ihn, nachdem er vollständig zu Pulver gelöscht ist, zur Mörtelbereitung benutzen, ihn passiv verwenden, wobei er ohne Erwärmen und nur langsam erhärtet. (Siehe »Handbuch der Architektur«, 1895, Thl. I, Bd. I, S. 147.) Im ersteren Falle schichtet man die Stücke zu einem niedrigen, runden Haufen auf und umgiebt denselben mit der zur Mörtelbereitung nothwendigen, nach dem Inhalte des Haufens berechneten Sandmasse. Hierauf begiesst man die Kalkstücke mit der zum Ablöschen erforderlichen Menge Wasser und vermengt sie noch während des Ablöschens mit dem Sande, wobei man nur wenig Wasser nachgiesst. Die Mischung ist sorgfältig durchzuarbeiten und möglichst schnell, d. h. noch warm zu verwenden.

Soll der gebrannte hydraulische Kalk jedoch passiv verwendet werden, so kann man das Löschen in verschiedener Weise vornehmen. Vielfach werden die Stücke nur minutenlang unter Wasser getaucht, wobei man sich kleiner grobmaschiger Drahtkörbe und Winden bedient, dann zu Haufen oder auch in Gefässe geschüttet und dieselben, um das sich entwickelnde Gas und auch die entstehende Wärme zusammenzuhalten, mit Sand oder grober Leinwand, auch mit Strohmatten bedeckt.

In Norddeutschland ist es üblich, die zerkleinerten Kalkstücke in Kalkkästen 10—15 *cm* hoch aufzuschütten, sie dann mittelst einer Giesskanne mit Wasser zu besprengen, nach Verlauf einer Stunde nochmals zu begiessen und nach weiterem Verlaufe von 1—1½ Stunden, in welcher Zeit gut gebrannter Kalk zu Pulver zerfällt, mit einer 10—15 *cm* hohen Sandschicht zu bedecken. Diese Decke wird nach einem Tage wieder beseitigt und dann das Kalkpulver gesiebt. Bei dem in Süddeutschland und Oesterreich üblichen Verfahren wird der Kalkhaufen mit Wasser besprengt und dieses Anfeuchten von Zeit zu Zeit und so oft wiederholt, bis der Haufen an

seiner Oberfläche staubförmig wird; dann wird der ganze Haufen umgeschaufelt, wobei man ihn beständig mit Wasser benetzt, um die ganze Masse in Staubkalk umzubilden. In Frankreich und in der Schweiz werden die zerkleinerten Kalkstücke in den Kalkkästen nur 5—6 *cm* hoch aufgeschichtet, dann mit Wasser besprengt, hierauf mit einer neuen, gleich hohen Lage Kalkstücken bedeckt, dieselben ebenfalls angefeuchtet und diese Aufschichtung so lange fortgesetzt, bis der Haufen eine Höhe von 2 *m* und darüber erlangt hat.

Hydraulischer Kalk nimmt beim Löschen meistens nur wenig, und zwar gewöhnlich nur um die Hälfte an Volumen zu.

Nach Hauenschild benöthigt 1 m^3 westphälischer hydraulischer Kalk in faustgrossen Stücken und von 900 *kg* Gewicht bei dem norddeutschen Löschverfahren 34% Wasser und liefert 2 m^3 Staubkalk von 630 *kg* Gewicht für das Cubikmeter. Tetmajer berechnet den Wasserbedarf für das Ablöschen zu 30—50% des Kalkgewichtes, Andere nehmen das 0·5—1·0fache vom Volumen des Kalkes an. Wird das Ablöschen mit einer zu grossen Wassermenge bewirkt, so ersäuft der hydraulische Kalk und es bleiben in ihm viele ungelöschte Theile zurück. Aber auch bei sorgfältigstem Löschen zerfällt nicht immer die ganze Kalkmasse zu Staub, denn es löschen sich nur diejenigen hydraulischen Kalksteine gut, welche wenig hydraulische Eigenschaften besitzen.

Deshalb und weil das Löschverfahren recht umständlich und das ihm folgende Sieben wegen der grossen Staubentwicklung sehr lästig ist, empfiehlt es sich, von dem Fabrikanten nur Staubkalk zu beziehen.

Man unterscheidet hierbei nach Hauenschild (siehe »Handbuch der Architektur«, 1895, Thl. I, Bd. I, S. 149):

a) leichten, welcher von Kalkmergeln stammt, die sich nach dem Brennen noch fast ganz zu Pulver löschen, oder den durch Absieben gewonnenen Theil von nicht vollständig zu Mehl löschendem Mergel darstellt. Solcher Kalk findet namentlich zu Luftmörtel Verwendung, weil er den Uebergang vom hydraulischen Kalkstein zum gewöhnlichen Magerkalk bildet.

Zusammenhang verlieren und unwirksam werden kann, so ist es nöthig, solchen Mörtel stets vorher abbinden zu lassen, ehe man ihn der zertheilenden Kraft des Wassers aussetzt.

Mörtelmischungen. Auf die Dichtigkeit des Mörtels hat die Menge des zugesetzten Sandes einen grossen Einfluss. Der Sandzusatz kann um so grösser sein, je weniger hydraulische Eigenschaften der hydraulische Kalk besitzt. Muss auf Dichtigkeit des Mörtels Werth gelegt werden, weil es sich z. B. um Fernhalten von Feuchtigkeit handelt, so vermischt man 1 Raumtheil Kalk mit 1—2 Raumtheilen Sand, andernfalls kann der Sandzusatz erheblich grösser genommen werden, jedoch pflegt man über das Mischungsverhältnisse 1 : 5 (z. B. für Fundamentmauern) nicht hinauszugehen. Bei dem Mischungsverhältniss 1:2·5 und tüchtiger Durcharbeitung des Mörtels werden die Hohlräume des Sandes gerade noch vom hydraulischen Kalk ausgefüllt.

Von der Menge des Sandzusatzes ist die Ausgiebigkeit des hydraulischen Kalkes abhängig. Bei Wasserbauten werden vielfach die folgenden beiden Mischungen verwendet:

1 Theil hydraulischer Kalk, 2 Theile Sand, oder 1 Theil hydraulischer Kalk und 3 Theile Sand,

erstere giebt 2·4, letztere 3 Theile Mörtel.

Hydraulischer Mörtel, welcher nur einem geringen Druck widerstehen soll und daher einen grösseren Sandzusatz erhält, wird zweckmässig mit Aetzkalk vermischt, weil er durch diesen Zusatz eine grössere Bindekraft und Festigkeit erreicht und sich auch inniger mit den Bausteinen verbindet. Noch stark hydraulisch wirkt ein Mörtel aus 1 Raumtheil hydraulischem Kalk, $^1/_2$—1 Raumtheil Aetzkalk und 5—6 Raumtheilen Sand.

Bei der Bereitung von Mörtel ist ein zu grosser Wasserzusatz schädlich, denn das Wasser kann den Kalk und Sand, weil dieselben ein verschiedenes specifisches Gewicht besitzen, von einander trennen und eine gleichmässige Vermischung beider verhindern.

Festigkeit. Die für Festigkeitsuntersuchungen vorgeschriebene Normalconsistenz erhält man, wenn man bei einem Mischungsverhältniss von 1:3 bei Proben, deren Zugfestigkeit ermittelt werden soll, 12% und bei solchen, deren Druckfestigkeit bestimmt werden soll, 10% Wasser (in Gewichtsprocenten der trockenen Gesammtmischung) verwendet.

Nach den schweizerischen Normen soll hydraulischer Kalkmörtel im Mischungsverhältniss von 1 : 3, der 3 Tage an der Luft und 25 Tage unter Wasser gelegen hat:

bei leichtem hydraulischen Kalk eine Zugfestigkeit von 6 *kg* und eine Druckfestigkeit von 30 *kg*,

bei schwerem hydraulischen Kalk eine Zugfestigkeit von 8 *kg* und eine Druckfestigkeit von 50 *kg*

für das Quadratcentimeter besitzen, wenn zu seiner Bereitung 12% Wasser verwendet wird und wenn der Kalk so fein gemahlen ist, dass der Rückstand auf dem 900-Maschensieb nicht mehr als 20% beträgt.

Nach den Ermittlungen der königlichen Prüfungsstation zu Charlottenburg-Berlin erlangte Wasserkalk von Lengerich bei einem Mischungsverhältniss von 1 : $1^1/_2$ nach 28 Tagen bei Wasserproben nur 3·11 *kg* Zugfestigkeit und 13·98 *kg* Druckfestigkeit und bei Luftproben 3·58 *kg* Zugfestigkeit und 16·02 *kg* Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter.

Verwendung. Der hydraulische Kalkmörtel ist zu Hoch- und Tiefbauten geeignet, auch zur Bereitung von billigem Beton; er wird jedoch in Deutschland meistens durch verlängerten Cementmörtel ersetzt, obwohl er ein trockenes Mauerwerk und einen frostbeständigen Putzmörtel liefert.

Nach Vicat soll auch fetter Kalk zur Bereitung von Wassermörtel tauglich werden, wenn man ihn der Selbstlöschung an der Luft an überdeckten und vor Wind geschützten Orten überlässt.

§ 217. Der Romancement.

Cementsteine. Zur Bereitung von Romancement werden thonreiche Kalkmergel oder kalkige Thonnieren von bestimmter Zusammensetzung (z. B. sogenannte Septarien, d. h. mergelige Kalksteinknollen in thonigen Schichten) unterhalb der Sintergrenze gebrannt und darauf bis zur Mehlfeinheit mechanisch zerkleinert. Besitzen die Romancementsteine einen grösseren Gehalt an Magnesia, so dürfen sie nicht zu stark gebrannt werden. (Vergl. Magnesiacement, § 225.)

James Parker errichtete in Nordfleet (England) im Jahre 1796 die erste Romancement-Fabrik, in welcher er den an den Ufern der unteren Themse in Thonlagern vorkommenden Sheppeystein verarbeitete. Aus diesem Gestein wird noch heute in England Romancement hergestellt. Der Sheppeystein besteht nach Berthier aus 65·7% kohlensaurem Kalk, 0·5% Magnesia, 6% Eisenoxydul, 1·6% Manganoxydul, 18% Kieselerde, 6·6% Thonerde und 1·2% Wasser; er erhält durch das Brennen eine dunkel braunrothe Farbe. Ferner verwendet man in England Kalksteinnieren (Thonnieren) von den Inseln Wight und Thanet und von den Küsten der Grafschaften Kent, Sommerset und Yorkshire, die eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie der Sheppeystein besitzen.

In Deutschland findet man geeignete Steine an mehreren Orten; so z. B. benutzt man zur Bereitung von Romancement einen aus dem Teutoburger Walde stammenden dunkelgrauen Kalkstein, welcher nach Manger 15·14% Kalkerde, 0·27% Magnesia, 29·27% Thonerde, 54·77% Kieselerde,

werden. (Vergl. den vorigen Paragraphen.) Frisch gebrannter und mit Wasser angerührter reiner Romancement bindet in der Regel sehr schnell ab, und zwar sowohl an der Luft, als auch unter Wasser. Es giebt aber auch mittellangsam bindenden, welcher in einer Zeit von 8—15 Minuten, und langsam bindenden, welcher erst nach Verlauf einer Viertelstunde abbindet. Beim Abbinden tritt meistens nur eine geringe Erwärmung und eine mässige Volumenvergrösserung ein, und es ist das Abbinden vollendet, sobald die Temperaturerhöhung aufhört. Die Erhärtung nimmt bei richtig (d. h. in der sogenannten Kalkbrenntemperatur) gebranntem und gleichmässigem Romancement stetig zu, während bei schlecht gebranntem und ungleichmässigem schon wiederholt eine Abnahme seiner Cohäsion und Zugfestigkeit kurze Zeit nach seiner Erhärtung und sodann eine weitere Zunahme derselben nach einiger Zeit beobachtet worden ist. Solcher minderwerthiger Cement ist zu Gussarbeiten, namentlich aber zur Herstellung von Röhren nicht geeignet. Wird der Cementstein bis zur theilweisen Sinterung gebrannt, so lässt er unschädliche Einlagerungen blaugrauer bis grünlicher Streifen erkennen.

Romancementmörtel ohne oder mit nur geringem Sandzusatze erreicht die Güte des Portlandcementmörtels gleicher Mischung nicht, solcher mit hohem Sandzusatze kommt dagegen magerem Portlandcementmörtel ziemlich nahe.

Da Romancement schwächer gebrannt ist als Portlandcement und eine geringere Dichtigkeit besitzt, so wird er weniger fest. Eine möglichst grosse Anfangsfestigkeit kann man durch eine sehr schnelle Verarbeitung des Romancementmörtels erzielen. Es empfiehlt sich daher, den Mörtel nur in so geringer Masse zu bereiten, dass dieselbe ein Arbeiter in 5—10 Minuten verbrauchen kann. Auch wird der Mörtel um so fester, je geringer die Menge seines Anmachewassers genommen wird und umgekehrt. Romancement besitzt die Eigenschaft, eine grössere Menge Wasser einsaugen zu können, ohne dadurch viel flüssiger zu werden oder schwerer abzubinden und hierbei das Wasser abzusondern; letzteres verdunstet bei Lufterhärtung grösstentheils oder bleibt als Porenwasser zurück; in beiden Fällen tritt eine Verminderung der Festigkeit des Mörtels ein, und es ist daher unbedingt erforderlich, den Romancement, wie bereits bemerkt wurde, activ zu vermauern.

Romancement enthält entweder gar kein oder nur sehr wenig Hydratwasser (höchstens 5%) und unterscheidet sich dadurch vom hydraulischen Kalk.

Normen. Für die einheitliche Prüfung und Lieferung von Romancement sind in Deutschland Normen bislang nicht aufgestellt worden, dagegen besitzen solche Oesterreich und die Schweiz. Die vom österreichischen Ingenieur- und Architektenverein am 12. April 1890 angenommenen Bestimmungen lauten im Auszuge wie folgt:

1. Verpackung und Gewicht.

Romancement soll in Normalfässern mit 250 *kg* brutto oder in Säcken mit 60 *kg* brutto verpackt werden. Das Gewicht der Packung darf bei Fässern nicht mehr als 5%, bei Säcken höchstens 15% betragen.

(1 Sack von 50 *kg* Gewicht enthält etwa 47 *l*, ein solcher von 75 *kg* Gewicht etwa 71 *l* Romancement. 1 *hl* Romancement lose geschüttet wiegt 80—105 *kg*).

2. Abbindeverhältnisse.

Die Romancemente sind schnell, mittel oder langsam bindend. Unter rasch bindenden Romancementen sind diejenigen zu verstehen, deren Ex-

härtungsbeginn an der Luft ohne Sandzusatz, vom Augenblick der Wasserzugabe an gerechnet, innerhalb 7 Minuten eintritt. Fällt der Erhärtungsbeginn eines Romancementes über 15 Minuten hinaus, so ist der Cement als langsam bindend zu bezeichnen. Zwischen den rasch und langsam bindenden Romancementen werden die mittelbindenden eingereiht.

Zur Bestimmung des Erhärtungsbeginnes dient die Normalnadel in Verbindung mit dem Consistenzmesser. (Siehe § 214 unter 3, *b*.)

3. Volumenbeständigkeit.

Romancement soll sowohl an der Luft als auch unter Wasser volumenbeständig sein. Die Prüfung an der Luft und unter Wasser geschieht durch Beobachtung von Kuchen aus reinem Romancement. (Siehe § 214 unter 4, β.)

4. Feinheit der Mahlung.

Dieselbe ist mittelst eines Siebes von 2500 Maschen für das Quadratcentimeter und 0·07 *mm* Drahtstärke und eines solchen von 900 Maschen für das Quadratcentimeter und 0·10 *mm* Drahtstärke zu prüfen. Der Siebrückstand darf auf ersterem keineswegs mehr als 36% und auf letzterem nicht mehr als 18% betragen.

5. Bindekraft.

Wie beim Portlandcement. (Siehe § 220.)

6. Zug- und Druckfestigkeit.

In Normalmörtelmischung (1 : 3) soll langsam und mittelbindender Romancement nach 28 Tagen Erhärtung (1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser) eine Minimalzugfestigkeit von 10 *kg* für das Quadratcentimeter, nach 7 Tagen Erhärtung (1 Tag an der Luft und 6 Tage unter Wasser) eine Minimalzugfestigkeit von 5 *kg* für das Quadratcentimeter aufweisen, rasch bindender Romancement im ersteren Falle eine Minimaldruckfestigkeit von 60 *kg* und eine Minimalzugfestigkeit von 8 *kg*, im zweiten Falle eine solche von 4 *kg* für das Quadratcentimeter erreichen.

Als Wasserzusatz bei Zug- und Druckproben mit 3 Theilen Normalsand werden in Oesterreich 12% (vom Gewichte der Trockenmischung) für schnell und langsam bindenden Romancement vorgeschrieben und in der



	Nach 7tägiger Erhärtung			Nach 28tägiger Erhärtung		
	kleinster Werth	grösster Werth	Mittel-Werth	kleinster Werth	grösster Werth	Mittel-Werth
Zugfestigkeit für das Quadratcentimeter	10·5	20·1	15·5	8·9	23·4	18·8
Druckfestigkeit für das Quadratcentimeter	80·6	128·5	96·7	125·6	166·2	147·1

Mörtelbereitung. Der mehlfein gemahlene Romancement wird mit der gewählten Sandmenge auf das Sorgfältigste vermengt und diese Mischung auf einen Bretterboden oder in einen Kalkkasten zu einem Haufen geschüttet. Dieser Haufen wird in der Mitte so tief ausgehöhlt, dass die zur Erzielung eines steifen Breies eben nothwendige Wassermenge bequem in der Vertiefung Platz findet. Nachdem das Anmachewasser, welches bei kalter Witterung zweckmässig etwas angewärmt wird, in die Mischung gegossen worden ist, wird das Ganze sofort und möglichst schnell kräftig durchgearbeitet und hierauf möglichst schnell verbraucht. Es sei nochmals hervorgehoben, dass der Mörtel nur in kleinen Portionen angemacht werden darf, weil schon in der Erhärtung begriffener Romancementmörtel nur langsam abbindet, ohne wesentlich zu erhärten, und Schwindrisse bekommt, wenn man ihn durch weitere Wasserzugabe nochmals erweichen muss.

Reiner Romancement bindet in der Regel fast augenblicklich ab und wird deshalb nur angewendet, wenn es sich um Dichten von Quellen, um Trockenlegungen oder um Bereitung von Cementornamenten u. s. w. handelt.

Durch einen Sandzusatz wird die Abbindezeit gewöhnlich nur um wenige Minuten verlängert, desgleichen durch eine niedrige Temperatur; Wärme und poröse Unterlage beschleunigen dieselbe; letztere bewirkt eine plötzliche Zusammenziehung und Erstarrung des Mörtels an der Berührungsfläche und vermindert die Haltbarkeit desselben. Man soll deshalb die Mauersteine gut annässen, bevor man sie mit Romancementmörtel vermauert, beziehungsweise verputzt. Cementputz ist nur auf einer reinen, aus wetterbeständigen Steinen bestehenden Mauerfläche haltbar und muss zur Vermeidung von Haarrissen noch einige Tage nach seiner Ausführung feucht gehalten werden, und zwar besonders in den Sommermonaten, wenn er den Sonnenstrahlen und einem trocknenden Luftzuge ausgesetzt ist; es empfiehlt sich, die Putzfläche von Zeit zu Zeit mit Wasser zu bespritzen oder feucht zu erhaltende Tücher oder Matten vorzuhängen. Mehr als glatter Wandputz sind Cementgesimse gefährdet, die man am besten mit feuchtem Lehm bedeckt.

Die gebräuchlichsten Mischungen sind folgende:

1 Raumtheil Romancement und 1 Raumtheil Sand (Mörtelmasse = etwa 1·6 Raumtheile).

1 Raumtheil Romancement und 2 Raumtheile Sand (Mörtelmasse = etwa 2·3 Raumtheile).

1 Raumtheil Romancement und 3 Raumtheile Sand (Mörtelmasse = etwa 3 Raumtheile).

Zur Herstellung wasserdichter Mörtel ist der Sandzusatz so zu wählen, dass alle seine Zwischenräume mit Cementbrei gut ausgefüllt sind, und (nach

Hauenschild) in der Regel auf 40—45 Raumtheile Cement 55—60 Raumtheile Sand zu nehmen. Solcher Mörtel wird am besten mit Feinsand vermischt und erhält zweckmässig einen kleinen Zusatz von Aetzkalk (etwa $^1/_8$—$^1/_4$ Raumtheil Kalk auf 1 Raumtheil Romancement).

Für Mauerwerk, welches im nassen Boden steht, und Putzarbeiten, empfiehlt Gottgetreu eine Mischung von 6 Theilen Cement und 4 Theilen Sand, für Stuccatur-Arbeiten eine solche von 1 Theil Cement und 6—8 Theilen Sand.

Künstlicher Romancement. Künstlich ist Romancement aus einem innigen Gemenge von gleichen Theilen Kalk und Thon und 1—3 Gewichtsprocenten Kochsalz hergestellt worden, das geformt, getrocknet, bei Rothgluthhitze gebrannt, dann gemahlen und gesiebt wurde.

Ueber die Verwendung des Romancementes zu Gussarbeiten (Röhren, künstlichen Steinen u. s. w.) siehe § 227 ff.

§ 218. Der Schlacken- oder Puzzolancement.

Herstellung. Zur Bereitung von Schlacken- oder Puzzolancement eignet sich nur eine stärker basische, kalkreiche, granulirte (d. h. in dünnflüssigem Zustande plötzlich abgeschreckte) Hochofenschlacke, wie sie z. B. bei der Verhüttung eines Eisenerzes auf Graueisen mit Coaks gewonnen wird. Dass pulverisirte granulirte Hochofenschlacke, mit Kalkbrei vermengt, zu einer festen und steinharten Masse erhärtet, wurde bereits im § 96 erwähnt. Nach N. Müller, welcher eingehende Untersuchungen mit Hochofenschlacken angestellt hat (siehe »Zeitschrift für angewandte Chemie«), erhärtet aber das zur Herstellung von hydraulischem Mörtel geeignete Schlackenmehl auch ohne Kalkzusatz, wenn auch nur langsam. Ferner fand derselbe, dass das Schlackenpulver unter nicht unbedeutender Erhärtung eine grössere Menge Wasser aufnimmt, dass diese Wasseraufnahme sehr langsam erfolgt und sich auch noch nach eingetretener Erhärtung vollzieht.

Die Hochofenschlacke ist mehlfein zu mahlen, so dass auf dem 900-Maschinensieb nur etwa 1% Rückstand bleibt, und mit zu Staub gelöschtem

sacht leicht eine Entmischung, indem sich der Sand vom Cement trennt und seiner grösseren Schwere wegen nach unten sinkt, während das Schlackenmehl die obere Lage einnimmt; eine solche Entmischung tritt besonders leicht beim Vergiessen von tieferen Quaderfugen ein und wenn der Schlackencement zur Bereitung von Beton verwendet wird, welcher beim Schütten eine grössere Höhe zu durchfallen hat.

Für manche Gebrauchszwecke muss der Schlackencement als minderwerthig angesehen werden, so z. B. zur Verwendung zu Constructionen, die einer Abnutzung unterworfen sind, weil reiner Schlackencement äusseren mechanischen Einwirkungen auf die Dauer nicht zu widerstehen vermag, ferner zur Verwendung als Mörtel zu Hochbauten, weil er nicht selten die unangenehme Eigenschaft besitzt, dass der aus ihm bereitete Mörtel zwar anfangs recht gut erhärtet, später aber an der Luft einen Theil seiner Festigkeit wieder einbüsst. Es empfiehlt sich daher, Schlackencement nur zu Fundamentirungen und Betonirungen unter Wasser, sowie als Mörtel nur zu solchen Bautheilen zu verwenden, welche dem Luftzutritt nicht ausgesetzt sind, sondern sich in feuchter Atmosphäre befinden. Verwendet man ihn zu Luftbauten, so ist er mindestens 14 Tage lang möglichst gleichmässig feucht zu halten. Wird dem Schlackencementmörtel das im Ueberschuss vorhandene Wasser durch poröse Unterlagen (Absaugen) entzogen, so vermag er nicht mehr kräftig zu erhärten. Nicht erwünscht für manche Verwendungszwecke ist auch seine meist geringe Anfangsfestigkeit. Bei Frostwetter kann Schlackencement nicht verarbeitet werden, weil der Frost frische Schlackencement-Bauten zu zerstören vermag.

Festigkeit. Guter Schlackencementmörtel, welcher mit 20—30% Wasser angemacht ist, erhärtet nach 15—20 Stunden zu einer festen Masse. Nach den in der Schweiz geltenden Normen soll eine Mischung von 1 Theil Cement und 3 Theilen Sand mit 10% Wasser nach 28tägiger Erhärtung eine Zugfestigkeit von 16 *kg* und eine Druckfestigkeit von 150 *kg* für das Quadratcentimeter besitzen.

Ausgiebigkeit. Nach Prof. Tetmajer (»Der Schlackencement«, Notizblatt des Ziegl. und Kalkbr.-Ver. 1887, S. 79) sind zur Bereitung von 1 m^3 Schlackencementmörtel erforderlich bei einer Mischung von:

1 Raumtheil Schlackencement und 1 Raumtheil Sand = 900 *kg* Cement und 780 *l* Sand,

1 Raumtheil Schlackencement und $1\frac{1}{2}$ Raumtheilen Sand = 600 *kg* Cement und 880 *l* Sand.

1 Raumtheil Schlackencement und 2 Raumtheilen Sand = 552 *kg* Cement und 1010 *l* Sand.

1 Raumtheil Schlackencement und $2\frac{1}{2}$ Raumtheilen Sand = 437 *kg* Cement und 1080 *l* Sand.

1 Raumtheil Schlackencement und 3 Raumtheilen Sand = 400 *kg* Cement und 1170 *l* Sand.

Verwendung. Ausser zum Mörtel für Tief- und Wasserbauten und zur Bereitung von Beton verwendet man den Schlackencement auch zur Herstellung von künstlichen Steinen, namentlich von Platten und Fliesen, weil er sich gut färben und schön poliren lässt.

§ 219. Der Portlandcement.

Rohstoffe. Portlandcement wird aus thonreichen Kalkmergeln (Thonmergeln) oder Mischungen von am besten weichem, reinem Kalkstein (z. B. Kreide oder mulmigem Süsswasserkalk) hergestellt, auch aus kieselsäurereichem, möglichst sand- und steinfreiem Thon (auch Töpfergeschirr- und Porzellankapsel-Scherben). Der Thon muss ausserdem reich an Flussmitteln (Kalk, Eisenoxydulsalzen, Alkalien) sein. Enthält der Thon Eisenoxyd und Magnesia, so wird dadurch zwar seine Schmelzbarkeit erhöht, ein zu hoher Eisengehalt jedoch vermindert die hydraulischen Eigenschaften des Cementes und ein zu hoher Magnesiagehalt die Festigkeit und Volumenbeständigkeit desselben. Harte Kalksteine erschweren ihr Zerkleinern und vertheuern wegen der nothwendig werdenden grösseren Betriebskraft der Steinbrechmaschinen u. s. w. die Fabrikation des Cementes.

Ist der zur Verwendung gelangende Kalkstein stark hydraulisch d. h. besitzt er einen zu hohen Thongehalt, so braucht man ihn mit einem weiteren Thonzusatz nicht zu versehen. Nach einer Mittheilung von Dr. Michaelis in der »Thonindustrie-Zeitung« (1883, Nr. 49) findet man in den Ausläufern des Kaukasus bei Noworossisk einen Natur-Portlandcementstein, welcher einen so vollendeten gemischten Rohstoff bildet, dass Schichten, die um 80% kohlensauren Kalk besitzen, einem Cement mit 2·4 Gewichtstheilen Kalk auf 1 Gewichtstheil Silicat entsprechen und bei normaler Sinterung einen vollkommenen volumenbeständigen Cement liefern.

Sehr selten ist ein Kalkstein so überaus thonreich, dass er zwecks Verwendung zur Cementbereitung noch einen Zusatz von reinem kohlensauren Kalk erhalten muss. — Reine Kreide erfordert gewöhnlich einen Thonzusatz von 30 und mehr Procenten.

Die Mischung soll auf 1 Gewichtstheil Hydraulefactoren (Thonerde, Eisenoxyd, Kieselsäure) 1·7—2·4 Gewichtstheile Kalkerde enthalten; häufig besteht sie aus 2 Gewichtstheilen Thon und 5—6 Gewichtstheilen Kalk.

Die chemische Zusammensetzung des deutschen Portlandcementes ist die folgende: 58·22—65·59% Kalk, 19·80—26·45% Kieselsäure,

Für französische und ausländische Cemente hat E. Candlot (Etude pratique sur le Ciment de Portland, Paris 1886) folgende chemische Zusammensetzung ermittelt: 58—67% Kalk, 20—26% Kieselsäure, 5—10% Thonerde, 2—6% Eisenoxyd, 0·5—3% Magnesia und 0·5—2% Schwefelsäure.

Zu der viel verbreiteten Ansicht, dass selbst bei richtig zusammengesetztem Portlandcement (aus 1 Silicat auf etwa 2 Kalkerde) ein grösserer Gehalt an Magnesia Volumen-Unbeständigkeiten herbeiführt, bemerkt Dr. Michaelis in der »Baugewerkszeitung« (1888, Nr. 91), dass nach seinen Beobachtungen selbst ein Gehalt von 10—15% Magnesia im Portlandcement unter Wasser keinerlei Treiberscheinungen verursache, dass dagegen bei Lufterhärtung eine Schwindung bei Platten, die einen hohen Procentsatz von gebrannter Magnesia enthielten, im gleichem Maasse wie bei Cementen mit hohen Kalkzusätzen einträte.

Mischen der Rohstoffe. Die Rohstoffe (Kalk und Thon) werden je nach ihrer Beschaffenheit entweder trocken oder nass zusammengemischt und zwar bedient man sich in der Regel des trockenen Verfahrens bei silicatreichen (stark hydraulischen) Kalksteinen und kalkreichen Thonsteinen (Thonmergeln), auch bei härteren Rohstoffen, während man bei weichen (z. B. Kreide) das nasse Verfahren bevorzugt.

Bei Anwendung des trockenen Verfahrens werden die Kalksteine meistens mittelst Brechmaschinen, die Thonsteine mittelst Walzwerke, Kreide und Wiesenmergel in Kollergängen oder in Mühlen d. h. in horizontalen Mahlgängen mit schweren Mühlsteinen oder Hartgussscheiben zerkleinert und gemahlen und dann in Siebmaschinen gesiebt. Die trockenen kalkigen und thonigen Pulver werden hierauf in einem solchen Verhältniss miteinander vermischt, dass das Gemenge nach dem Brennen einen Gehalt von 32—35% Thonbestandtheile enthält. Das Gemenge wird hierauf angefeuchtet und in Mischmaschinen d. h. in Thonschneidern (siehe § 88) auf das Innigste vermischt. Aus dieser Masse werden hierauf mit der Hand oder mittelst Ziegelpressen (siehe § 89) Steine geformt, welche in Trockenschuppen, auch wohl im Ofengebäude selbst oder auf Darren oder in dem, im § 90 näher beschriebenen Trockenapparaten von Dr. Möller und Professor Pfeifer getrocknet, sodann im Ganzen oder, nachdem sie in faustgrosse Stücke zerschlagen sind, in Schachtöfen u. s. w. gebrannt, hierauf in Steinbrechmaschinen u. s. w. zerkleinert und endlich auf gewöhnlichen Mahlgängen u. dergl. in einer den »Normen« entsprechenden Feinheit gemahlen. Oder man benutzt zum Formen der Cementsteine Trockenpressen (siehe § 89), die den Vortheil gewähren, dass man die Steine ohne vorherige Trocknung unmittelbar in den Ofen bringen kann.

Bei Anwendung des nassen Verfahrens reinigt man durch Schlämmen (mit Wasser) die Rohstoffe Kalk und Thon von dem ihnen beigemengten Sand, Kies u. s. w. und benutzt hierzu Behälter, welche eine waagrechte Welle mit sich in senkrechter Richtung drehenden Rührarmen oder eine senkrechte Welle mit waagrechten, eggenartig mit Zähnen oder Stäben besetzten, auch mit Ketten behängten Rührarmen besitzen. F. Neumann empfiehlt als Schlämmapparat die bei der mechanischen Aufbereitung von Erzen und Steinkohlen, sowie bei der Wiedergewinnung von Coaks aus der Steinkohlenasche bei grösseren Feuerungsanlagen benutzte Setzmaschine (z. B. die von der Maschinenfabrik von Sievers & Comp. in Kalk bei

Köln a. Rh. gebaute); bei der Umwandlung der Rohstoffe in einen flüssigen Brei (Schlämpe) fällt der etwa in ihnen vorhandene Sand durch das Sieb der Maschine, während etwaige Steine auf dem Boden desselben liegen bleiben.

Der Schlamm wird von den Schlämmapparaten aus durch hölzerne Rinnen in Gruben mit ausgemauerten oder mit aus Pfahlwerk und Bohlen bestehenden oder mit rasenbedeckten Wänden und einer mit reinem Quarzsand u. s. w. oben abgeglichenen Sohle geleitet. Um einen ununterbrochenen Betrieb einrichten zu können, werden mehrere Gruben, zuweilen terrassenartig unter einander angelegt und dieselben der Reihe nach benutzt.

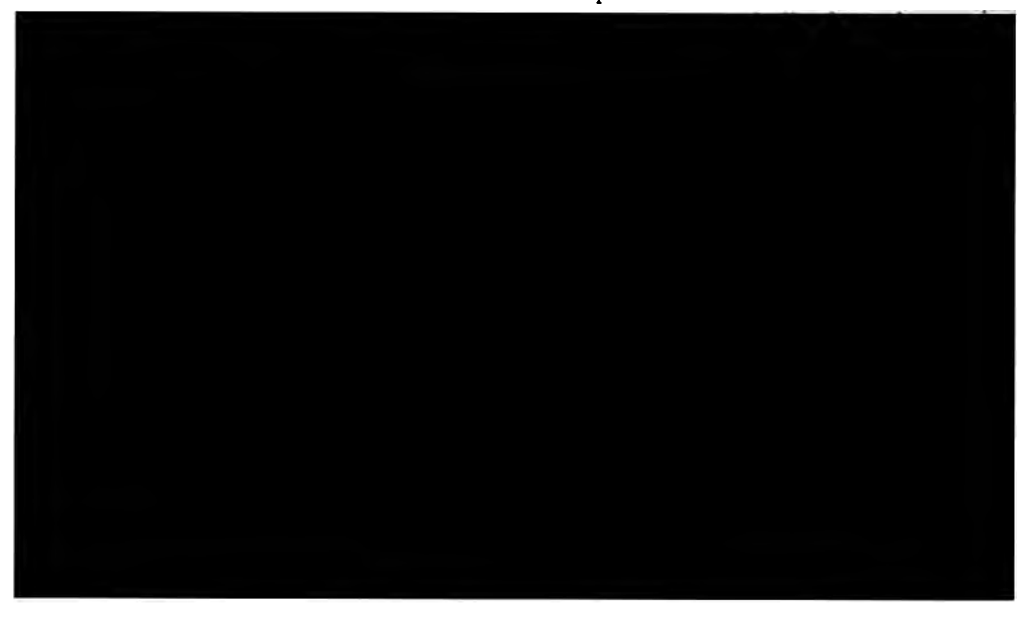
Nachdem der Schlamm einige Tage in der Grube gelegen hat, wird das über ihm stehende Wasser abgelassen. Die Masse bleibt so lange eingesumpft, bis sie die erforderliche Steifigkeit zur weiteren Verarbeitung erlangt hat. Dann kommt sie in noch feuchtem Zustande in die Thonschneidemaschine und wird weiter in derselben Weise, wie beim trockenen Verfahren beschrieben wurde, behandelt. (Vergl. § 88, Schlämmen).

Besitzen die Rohstoffe Thon und Kalk sehr verschiedene specifische Gewichte, so sondern sie sich beide beim Einsumpfen leicht in Schichten ab. Da hierdurch die weitere Verarbeitung recht erschwert wird, so empfiehlt es sich bei Verwendung derartiger Stoffe das trockene Verfahren anzuwenden.

Wird Kreide zur Cementbereitung gewählt, so verwandelt man dieselbe durch Schlämmen in eine milchartige Flüssigkeit und leitet dieselbe in die Gruben; auf dem Wege dorthin gelangen dann etwa vorhandene sandige Bestandtheile am Boden der Rinne zur Ablagerung.

Um die trockenen Rohstoffe in eine plastische Masse zu verwandeln, sind nach Lipowitz etwa 30—35 Gewichtsprocente Wasser erforderlich.

Nicht selten wird das gemischte (halbnasse) Verfahren angewendet, indem man den Kalk schlämmt und die wieder entwässerte Masse mit künstlich getrocknetem, auf das Feinste gemahlenem Thon vermengt oder nach Bedürfniss den Thon vermengt oder nach Bedürfniss den Thon schlämmt und demselben feines Kalksteinpulver trocken hinzusetzt.



Mitunter wird auch das Formen der Cement-Rohmasse zu Ziegeln unterlassen und es werden aus den Gruben Stücke in geeigneter Grösse ausgestochen, getrocknet und gebrannt.

Zum Zerkleinern, Mahlen, Mischen und Formen hat man auch hier und da mit Vortheil eine einzige, aus Walzwerk, Knetcylinder und Schneideapparat bestehende und mittelst einer Dampfmaschine betriebene Maschine angewendet. Derartige Maschinen liefern u. A. die Nienburger Maschinenfabrik zu Nienburg a. S., sowie Jordan Sohn in Darmstadt.

Das Brennen. Nachdem die Cementsteine (oder Cementstücke) genügend ausgetrocknet sind, werden sie im Ofen mit oder ohne Rostanlage bis zur Weissgluth d. h. bis zur Sinterung ihres Thonbestandtheiles gebrannt; man bringt sie mit Coaks in abwechselnden Schichten in den Ofen oder brennt sie mit Steinkohle; durch das Brennen wird die Kohlensäure aus dem Kalk getrieben und es werden die den Thon bildenden Stoffe (Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd) vollständig aufgeschlossen d. h. löslich gemacht.

Als Oefen benutzt man Schachtöfen (von etwa 15 *m* Höhe und 3 *m* grösster Innnenweite), welche wie die Kalk- oder Gypsbrennöfen construirt sind, Ringöfen (z. B. von Dr. Michaelis, Hoffmann, Otto Bock u. s. w.), die ähnlich den Ziegel-Ringöfen sind, Etagenöfen (z. B. von Dietsch), welche eine Abart der Schlachtöfen darstellen, und Oefen mit Gasfeuerung (z. B. von J. Bührer in Constanz, Meiser-Escherich in Schwandorf, Emmel in Hörde u. s. w.).

Von den Schachtöfen-Constructionen ist die von F. Kawalewski und L. du Pasquier erfundene von besonderem Interesse. Dieser Cementbrennofen (Fig. 384) besteht aus zwei nebeneinander liegenden Schachtöfen, von denen jeder einen Vorwärmer *E*, einen Schmelzraum *B* mit Gewölbe *D* und mit Oeffnungen *P* und *Q*, sowie einen Kühlraum *A* mit Rostkegel *R* besitzt. Die Schachtöfen sind in der Weise mit einander verbunden, dass die Gase, welche beim Aufschütten von Brennstoff aus dem einen Ofen unbenutzt entweichen würden, durch die mittelst Schieber *L* und *M* verstellbaren Canäle *N* und *O* in den Schmelzraum des anderen Ofens geführt werden, ehe sie in den gemeinschaftlichen Camin *F* gelangen. — Der Brennstoffverbrauch stellt sich bei diesem Ofen auf etwa 18 *kg* Kohle pro 100 *kg* Cement.

Gut bewährt hat sich der Dietsch'sche Etagenofen (Fig. 385). Er besitzt einen Vorwärmer *A*, mit welchem durch einen überwölbten Canal *B* der Schmelzraum *C* verbunden ist. Die Rohmasse, sowie das während des Betriebes angesammelte Ungare wird durch Fülltrichter *E* in den Vorwärmer gebracht, rollt auf dem Canal *B* vor und wird mittelst Schaufeln von der Oeffnung *F* aus weiter in den Schmelzraum befördert. In den Wänden des letzteren befinden sich Oeffnungen *G*, von denen aus etwa an den Wänden hängen gebliebene Klinker losgebrochen werden, die dann in den Kühlraum *D* hinabfallen. Der Verbrauch an Steinkohlen schwankt bei diesem Ofen, je nach der Güte des Brennstoffes und nach der mehr oder weniger grossen Sorgfalt bei Ueberwachung des Brandes für 100 *kg* Cement, zwischen 9 und 19 *kg*. Dieser Ofen wird zum continuirlichen Brennen von Portlandcement vielfach benutzt, ist aber auch bei Vornahme kleiner Aenderungen zum Brennen von Kalk u. s. w. nutzbar zu machen.

Bei normalem Betriebe dauert der Brand in diesem und in ähnlich construirten Schachtöfen in der Regel nur 3 Tage. Die gebrannte Cement-

masse ist gewöhnlich nach weiteren 8 Tagen so weit abgekühlt, dass sie aus dem Ofen gezogen und weiter verarbeitet werden kann.

Der Dietsch'sche Etagenofen wurde von A. Schöfer und Zeitler verbessert. Näheres über diese Verbesserungen findet man u. A. in den »Jahresberichten über die Fortschritte der chemischen Technologie«, 1890 und 1891.

Müssen grosse Cementmassen in möglichst kurzer Zeit gebrannt werden, so benutzt man meistens einen Ringofen, auch wenn leicht zerbröckelnde, weiche Cementmassen zu brennen sind, welche im Schachtofen bei ihrem Zerfallen die für den Durchzug der Flammen nothwendigen Zwischenräume verstopfen und den Brand dadurch stören würden. Der Ringofen besitzt vor dem Schachtofen den Vorzug, dass man einen ununterbrochenen Betrieb einrichten kann, jedoch den Nachtheil, dass er grössere Mengen zerfallenen Cementes liefert, dass die Arbeiter beim Auskarren der häufig noch glühenden Cementmasse durch die Hitze stark belästigt werden und dass beim Losbrechen der, besonders an den Gurtbögen, in grossen Klumpen zusammengesinterten Schlacken Beschädigungen der Ofentheile hervorgerufen werden, so dass namentlich die Gurtbögen nicht lange halten.

Eine empfehlenswerthe Construction nach dem System Siehmon und Rost zeigen die Figuren 386 und 387. Dieser Ringofen wird von Otto Bock in Berlin N.W. gebaut; seine Construction ist im Grossen und Ganzen dieselbe, wie die der Bock'schen Ringöfen zum Brennen von Ziegelsteinen, die wir im § 193 eingehend besprochen haben. Demgemäss besitzt dieser Ringofen, der sich übrigens auch zum Brennen von Kalk eignet, im allgemeinen dieselben Vorzüge wie jene. Auch er ist mit oberem Abzug der Rauchgase eingerichtet und zwar in der Weise, dass aus dem oberen Theile des Ofens Kohlensäure und Rauchgase gemeinschaftlich zum Abzug gelangen, was sehr vortheilhaft ist, weil der Garbrand um so leichter erfolgt, je schneller die Kohlensäure entweicht. Denn in einer mit Kohlensäure geschwängerten Luft werden selbst bei den höchsten Temperaturen weitere Mengen von Kohlensäure nicht mehr ausgeschieden. Beachtenswerth ist, was Otto Bock in seiner, im Juli 1896 herausgegebenen Broschüre S. 28 über das Brennen von Cement u. s. w. bemerkt. Es heisst dortselbst: »Das Brennen von

Für die Massenfabrikation wird im Allgemeinen der Ringofen bevorzugt, trotzdem die erforderliche höhere Brenntemperatur eine sehr solide Bauart und eine Ausfütterung des ganzen Ofeninneren mit guten feuerfesten Steinen nothwendig macht, und ausserdem das Arbeiten in den heissen Räumen, besonders im Sommer, sehr lästig wird.«

Für eine tägliche Leistung von 15000 *kg* gebranntem Kalk oder etwa 10000 *kg* Portlandcement erhält der oben beschriebene Ringofen eine äussere Länge von 33·60 *m*, eine äussere Breite von 11·60 *m*, eine Gesammthöhe von 3·00 *m*, ferner der Brenncanal eine Länge von 64·00 *m*, eine Breite von 2·60 *m* und eine Höhe von 2·50 *m*, endlich der Schornstein eine Höhe von 33 *m*.

Mehrfach verwendet wurde auch der Gasringofen mit Regenerativfeuerung von H. Escherich in Schwandorf, welcher in Fig. 167 dargestellt und im § 92 beschrieben worden ist.

Sortiren des gebrannten Cementes. Nach genügender Abkühlung der Cementmasse erfolgt eine Sortirung, d. h. es werden die ungargebrannten und etwa geschmolzenen (verglasten) Stücke von den normal gebrannten abgesondert. Erstere werden baldmöglichst, weil ein längeres Lagern derselben an der Luft nicht gut ist, nochmals gebrannt; die geschmolzenen Stücke dagegen sind zur weiteren Verwendung nicht geeignet und werden fortgeworfen.

Kennzeichen der Güte. Die von der Beschaffenheit der Rohstoffe und ihrem Mischungsverhältnisse, sowie von der angewendeten Brenntemperatur abhängige Güte des gebrannten Cementes lässt sich zum Theile schon nach der Farbe beurtheilen. Richtig gebrannter, normaler Cement zeigt eine grünlichgraue oder grünlich-schwarzbraune (verarbeitet dunkelgrüngraue) Farbe, welche von dunkelbraunem Eisenoxydkalk und grünem mangansaurem Salz herrührt. Die ungargebrannten Stücke sind dagegen hellgelbbraun, die über Weissgluth gebrannten, todtgebrannten oder geschmolzenen Steine blaugrau oder weissgrau. Auch einzelne lebhaft rothe (durch Fluor hervorgerufene) Flecken gelten als Zeichen einer fehlerhaften Beschaffenheit des Cementes. Weitere Erkennungszeichen sind folgende: guter Portlandcement wird bei Behandlung mit Salzsäure stark gallertartig, besitzt eine aus lauter eckigen Blättchen oder Schieferplättchen bestehende, in dünnen Lagen farblos, in dickeren grün, theilweise auch violett erscheinende Structur, ein specifisches Gewicht von über 3·1, schwankend je nach dem Grade des Brandes und dem Kalkgehalte zwischen 3·12 und 3·25, das von keinem anderen hydraulischen Bindemittel erreicht wird und das einzige Mittel zur Feststellung der Sinterung des Cementes ist, ferner einen Glühverlust von weniger als 2%; er ist frei von Asche, Thon, Sand oder Schlacke, bildet fein gemahlen ein gleichmässiges, scharf anzufühlendes Pulver von grauer Farbe mit einem Stich ins Grüne, erwärmt sich, mit Wasser angemacht, nur äusserst wenig, wenn er langsam bindend ist, zerfällt nicht an der Luft und zeigt beim Erhärten weder ein Treiben noch ein Aufquellen.

Zu schwach, d. h. bei Rothgluth gebrannter Cement ist wenig erhärtungsfähig und wenig fest, auch erhitzt er sich bei Wasserzusatz stark und zerfällt an der Luft wie gewöhnlicher Aetzkalk. Desgleichen neigt zu langsam gebrannter Cement zum Zerfallen. Bis zur Verglasung, d. h. bis zur vollständigen Verbindung aller Alkali- und Erdmetalle gebrannter Cement besitzt keine hydraulischen Eigenschaften und ist deshalb zur Bereitung von

Wassermörtel nicht tauglich. Hierzu bemerkt Dr. Michaelis in der »Thonindustrie-Zeitung«, 1892 und 1893, dass nach seinen Untersuchungen geschmolzener pulverisirter Portlandcement ebenso energisch erhärte, als nur bis zur Sinterung gebrannter, dass jedoch der geschmolzene Cement in Folge seiner geschlossenen Structur und seines geringen Gehaltes an Alkalien, welche sich beim Schmelzprocesse in weit höherem Maasse verflüchtigen, im Allgemeinen etwas langsamer abbände; die Hitze verdürbe nur dann den Portlandcement, wenn sie anhaltend auf ihn einwirke, deshalb sei schnelles Brennen und Abkühlen von der grössten Wichtigkeit.

Bei unrichtiger Zusammenmischung der Rohstoffe, meistens bei zu hohem Thongehalt, erhält man einen Cement, welcher zerfällt, treibt und aufquillt. Enthält die Cementrohmasse schwefelsauren Kalk, so bildet sich beim Brennen Gyps, welcher, in grösserer Menge vorhanden, den Cement zu zerstören vermag, indem der Gyps allmälig krystallisirt, Wasser ansaugt und ein ungleichmässiges Erhärten veranlasst. In kleineren Mengen bis zu 2% wirkt jedoch der Gyps vortheilhaft, indem er die Festigkeit von rasch bindendem Cement erhöht und dessen Abbinden verlangsamt.

Feinmahlen. Nach dem Sortiren werden die brauchbaren Stücke in Steinbrechmaschinen (siehe § 200) oder in Walzwerken mit geriffelten Hartguss- oder Stahlwalzen für grobes Korn oder in Mörsermühlen bis zur Erbsen- oder höchstens Haselnussgrösse zerkleinert und endlich zu feinstem Pulver gemahlen. Das Feinmahlen kann ebenfalls auf Mörsermühlen oder mittelst Walzwerke für Feinkorn, deren Walzen eine glatte Oberfläche besitzen und sehr nahe aneinander gestellt sind, auch auf Kollergängen und Kugelmühlen (siehe § 89) bewirkt werden, gewöhnlich aber benutzt man hierzu Mahlgänge mit schweren, harten, porösen Quarzsteinen, deren einzelne Stücke nicht mit Gyps, sondern mit Cementmörtel zu einem Ganzen vereinigt werden. Um ein besseres Einziehen des Mahlgutes zu erreichen, wird der Abstand des Obersteins oder Läufers vom Bodenstein an seiner Achse (dem Läuferauge) etwas grösser gewählt als am äusseren Umfange. Ein Mahlgang mit 1·15 *m* im Durchmesser haltendem, sich in der Minute 150mal umdrehendem Läuferstein vermag stündlich 500—600 *kg* Cement zu mahlen; hierzu ist eine Betriebskraft von $3^1/_2$—4 Pferdestärken erforderlich.

Zum Feinmahlen verwendet man auch mit Vortheil Desintegratoren oder Schleudermühlen, in denen die Zertrümmerung der Cementstücke durch schnell rotirende, in einem durch die Stückgrösse bedingten Abstande angeordnete, aus kräftigen Eisen- oder Stahlstangen gebildete und auf gusseisernen Platten befestigte cylindrische Schlagkörbe bewirkt wird. Der in Figur 388 abgebildete, von der Maschinenbauanstalt »Humboldt« in Kalk bei Köln a. Rh. gebaute Desintegrator besteht aus vier Schlagkörben, von denen der erste (innerste) und dritte, sowie der zweite und vierte mit einer anderen Welle (Platte) zu einem zusammenhängenden Ganzen verbunden sind. Die wagrechten, durch Riemenvorgelege angetriebenen Wellen, an denen die Platten befestigt sind, drehen sich mit grosser Geschwindigkeit nach entgegengesetzten Richtungen und haben eine solche Stellung zu einander, dass die einzelnen Schlagkörbe sie concentrisch umhüllen. Die Schlagkörbe sind mit einem eisernen Mantel umgeben, der seitlich einen Trichter zum Aufgeben der Cementstücke und unten eine Oeffnung zum Austragen des Pulvers besitzt. Die Cementstücke fallen zunächst in den innersten Schlag-

korb, werden hier in grosse Geschwindigkeit versetzt und bei ihrem Austritt durch die Stäbe des sich in entgegengesetzter Richtung bewegenden zweiten Korbes zum ersten Male zerkleinert, fallen dann in den zweiten Korb und werden hierauf durch die Stäbe des dritten zum zweiten Male zertrümmert und so fort, bis sie den äussersten Schlagkorb vollständig zu Pulver gemahlen verlassen und durch die untere Mantelöffnung aus der Schleudermühle herausfallen.

Die beste Leistung wird erzielt, wenn das Aufgeben der Cementstücke regelmässig vor sich geht. Da beim Uebergange des zu zerkleinernden Stoffes aus einem Schlagkorb in den anderen dasselbe hin- und hergeschleudert wird, so ergiebt sich, dass, wenn verschiedene Stoffe aufgegeben werden, diese sich innig mischen und dass also auch der Desintegrator als ein vorzüglicher Mischapparat angesehen werden kann.

Weniger geeignet ist diese Maschine zum Zerkleinern sehr harter Steine, weil dann in Folge starker Abnutzung der Stahlstäbe kostspielige Ausbesserungen häufig erforderlich werden.

Besitzt der grösste Schlagkorb einen Durchmesser von 1 *m* und macht derselbe in der Minute 640 Umdrehungen, so kann man mit der Schleudermühle stündlich bis 5000 *kg* Cementsteine pulverisiren; die hierzu nothwendige Betriebskraft beträgt durchschnittlich 10 Pferdestärken.

Aus den Mahlgängen oder Schleudermühlen geht das Cementpulver zuweilen noch durch Siebcylinder, die einen Durchmesser von 85 bis 100 *cm* erhalten, mit sehr engmaschigen Stahl- oder Messingdrahtgeweben überzogen sind und in der Minute 15—25 Umdrehungen machen, oder es fällt das Pulver unmittelbar in Säcke oder in Packfässer, welch' letztere zur Verhütung des Eindringens von Feuchtigkeit innen mit Packpapier ganz ausgeschlagen werden. Um eine feste Verpackung zu erzielen, werden diese Fässer durch eine mechanische Vorrichtung in eine schüttelnde Bewegung versetzt.

Für vortheilhaft wird es gehalten, das Pulver vor dem Verpacken noch einige Zeit trocken lagern zu lassen; es wird dadurch ein langsameres Abbinden, eine grössere Feinheit (durch Zerfallen gröberer Körnchen), eine grössere Volumenbeständigkeit und eine grössere Festigkeit erzielt. Durch längeres Lagern in der Feuchtigkeit dagegen wird das Cementpulver knollig und stückig, kommt zum Theil zum Abbinden und wird schliesslich unbrauchbar. Abgelagerten Cement kann man jedoch durch Ausglühen nahezu wieder in den ursprünglichen Zustand versetzen.

Um Cemente von gleichmässiger Güte, d. h. von derselben Erhärtungsfähigkeit, Festigkeit, Volumenbeständigkeit u. s. w. zu erhalten, empfiehlt Dr. Michaelis das Vermischen von Cementpulvern, die verschiedenen Bränden entstammen.

§ 220. Prüfung des Portlandcementes.

Um Portlandcemente in ihrem Werthe mit einander vergleichen zu können, ist es nöthig, ihre Bindezeit, Volumenbeständigkeit, Feinheit der Mahlung, Zug- und Druckfestigkeit zu prüfen. Diese Prüfung hat nach einheitlichen Methoden, auch mit denselben Apparaten zu erfolgen, wenn man sich über den Werth eines Cementes ein richtiges Urtheil bilden will. Vom Berliner Architekten-Vereine, dem Vereine »Berliner Baumarkt« und dem »Verein deutscher Cementfabrikanten« wurden im Jahre 1877 »Normen für

einheitliche Prüfung und Lieferung von Portlandcement« aufgestellt, welche vom preussischen Minister für öffentliche Arbeiten mittelst Erlass vom 10. November 1878 in Preussen eingeführt und später auch von den übrigen preussischen Ministerien und den übrigen deutschen Staaten angenommen wurden und das Vorbild für die Normenprüfungen in Oesterreich, der Schweiz, Russland u. s. w. bildeten. Nach mehrjähriger Benutzung dieser Normen erschien eine Abänderung derselben nothwendig. Der »Verein deutscher Cementfabrikanten« nahm die Umarbeitung vor und reichte dieselbe zur Genehmigung dem preussischen Ministerium für öffentliche Arbeiten im Jahre 1886 ein. Diese revidirten Normen wurden von verschiedenen Behörden begutachtet und mit wenigen Abänderungen mittelst Erlass vom 28. Juli 1887 vom Minister der öffentlichen Arbeiten eingeführt. Ihr Wortlaut ist folgender: *)

Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement.

Begriffserklärung von Portlandcement.

Portlandcement ist ein Product, entstanden durch Brennen einer innigen Mischung von kalk- und thonhaltigen Stoffen als wesentlichsten Bestandtheilen bis zur Sinterung und darauffolgende Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit.

I. Verpackung und Gewicht.

In der Regel soll Portlandcement in Normalfässern von 180 *kg* (Oesterreich: 200 *kg*) brutto und etwa 170 *kg* netto, sowie in halben Normalfässern von 90 *kg* brutto und etwa 83 *kg* netto verpackt werden. Das Bruttogewicht soll auf den Fässern verzeichnet sein.

Wird der Cement in Fässern von anderem Gewichte oder in Säcken verlangt, so muss das Bruttogewicht auf diesen Verpackungen ebenfalls durch deutliche Aufschrift kenntlich gemacht werden. (Oesterreich: Säcke 60 *kg*.)

Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2% nicht beanstandet werden.

Die Fässer und Säcke sollen ausser der Gewichtsangabe auch die

Erläuterungen zu II.

Um die Bindezeit eines Cementes zu ermitteln, rühre man den reinen, langsam bindenden Cement drei Minuten, den rasch bindenden eine Minute lang mit Wasser zu einem steifen Brei an und bilde auf einer Glasplatte durch nur einmaliges Aufgeben einen etwa 1·5 *cm* dicken, nach den Rändern hin dünn auslaufenden Kuchen. Die zur Herstellung dieses Kuchens erforderliche Dickflüssigkeit des Cementbreies soll so beschaffen sein, dass der mit einem Spatel auf die Glasplatte gebrachte Brei erst durch mehrmaliges Aufstossen der Glasplatte nach den Rändern hin ausläuft, wozu in den meisten Fällen 27—30% Anmachewasser genügen. Sobald der Kuchen so weit erstarrt ist, dass derselbe einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht, ist der Cement als abgebunden zu betrachten.

Für genaue Ermittlung der Bindezeit und zur Feststellung des Beginnes des Abbindens, welche (da der Cement vor dem Beginn des Abbindens verarbeitet sein muss) bei rasch bindenden Cementen von Wichtigkeit ist, bedient man sich einer Normalnadel von 300 *g* Gewicht, welche einen cylindrischen Querschnitt von 1 mm^2 Fläche hat und senkrecht zur Achse abgeschnitten ist. Man füllt einen auf eine Glasplatte gesetzten Metallring von 4 *cm* Höhe und 8 *cm* lichtem Durchmesser mit dem Cementbrei von der oben angegebenen Dickflüssigkeit und bringt denselben unter die Nadel. Der Zeitpunkt, in welchem die Normalnadel den Cementkuchen nicht mehr gänzlich zu durchdringen vermag, gilt als der »Beginn des Abbindens« (Oesterreich: Erhärtungsbeginn). Die Zeit, welche verfliesst, bis die Normalnadel auf dem erstarrten Kuchen keinen merklichen Eindruck mehr hinterlässt, ist die »Bindezeit«. (Oesterreich: Prüfung wie beim Romancement; siehe daselbst.)

Da das Abbinden von Cement durch die Temperatur der Luft und des zur Verwendung gelangenden Wassers beeinflusst wird, insofern hohe Temperatur dasselbe beschleunigt, niedrige Temperatur es dagegen verzögert, so empfiehlt es sich, die Versuche, um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, bei einer mittleren Temperatur des Wassers und der Luft von 15—18° *C.* vorzunehmen. Während des Abbindens darf langsam bindender Cement sich nicht wesentlich erwärmen, wohingegen rasch bindende Cemente eine merkliche Wärmeerhöhung aufweisen können.

Portlandcement wird durch längeres Lagern langsamer bindend und gewinnt bei trockener, zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft. Die noch vielfach herrschende Meinung, dass Portlandcement bei längerem Lagern an Güte verliere, ist daher eine irrige, und es sollten Vertragsbestimmungen, welche nur frische Waare vorschreiben, in Wegfall kommen.

III. Volumenbeständigkeit.

Portlandcement soll volumenbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, dass ein auf einer Glasplatte hergestellter und vor Austrocknung geschützter Kuchen aus reinem Cement nach 24 Stunden unter Wasser gelegt, auch nach längerer Beobachtungszeit keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen darf.

Erläuterungen zu III.

Zur Ausführung der Probe wird der zur Bestimmung der Bindezeit angefertigte Kuchen, bei langsam bindendem Cement nach 24 Stunden, jeden-

falls aber erst nach erfolgtem Abbinden, unter Wasser gelegt. Bei rasch bindendem Cement kann dies schon nach kürzerer Frist geschehen.

Die Kuchen, namentlich von langsam bindendem Cement, müssen bis nach erfolgtem Abbinden vor Zugluft und Sonnenschein geschützt werden, am besten durch Aufbewahren in einem bedeckten Kasten oder auch unter nassen Tüchern. Es wird hierdurch die Entstehung von Schwindrissen vermieden, welche in der Regel in der Mitte des Kuchens entstehen und von Unkundigen für Treibrisse gehalten werden können.

Zeigen sich bei der Erhärtung unter Wasser Verkrümmungen oder Kantenrisse, so deutet dies unzweifelhaft »Treiben« des Cementes an, d. h. es findet in Folge einer Volumenvermehrung ein Zerklüften des Cementes unter allmäliger Lockerung des zuerst gewonnenen Zusammenhanges statt, welches bis zum gänzlichen Zerfallen des Cementes führen kann. Die Erscheinungen des Treibens zeigen sich an den Kuchen in der Regel bereits nach 3 Tagen; jedenfalls genügt eine Beobachtung bis zu 28 Tagen.

IV. Feinheit der Mahlung.

Portlandcement soll so fein gemahlen sein, dass eine Probe desselben auf einem Siebe von 900 Maschen (Oesterreich: 4900 und 900 Maschen) für das Quadratcentimeter höchstens 10% (Oesterreich: 3·5, beziehungsweise 10%) Rückstand hinterlässt. Die Drahtstärke des Siebes soll die Hälfte der Maschenweite (Oesterreich: 0·05, beziehungsweise 0·10 *mm*) betragen.

Begründung und Erläuterungen zu IV.

Zu jeder einzelnen Siebprobe sind 100 *g* Cement zu verwenden.

Da Cement fast nur mit Sand, in vielen Fällen sogar mit hohem Sandzusatz verarbeitet wird, die Festigkeit eines Mörtels aber umso grösser ist, je feiner der dazu verwendete Cement gemahlen war (weil dann mehr Theile des Cementes zur Wirkung kommen), so ist die feine Mahlung des Cementes von nicht zu unterschätzendem Werthe. Es scheint daher angezeigt, die Feinheit des Kornes durch ein feines Sieb von obiger Maschen-

Die Zerreissungsproben sind an Probekörpern von 5 cm^2 Querschnitt der Bruchfläche, die Druckproben an Würfeln von 50 cm^2 Fläche vorzunehmen.

Begründung zu V.

Da man erfahrungsgemäss aus den mit Cement ohne Sandzusatz gewonnenen Festigkeitsergebnissen nicht einheitlich auf die Bindefähigkeit zu Sand schliessen kann, namentlich, wenn es sich um Vergleichung von Portlandcementen aus verschiedenen Fabriken handelt, so ist es geboten, die Prüfung von Portlandcement auf Bindekraft mittelst Sandzusatz vorzunehmen.

Die Prüfung des Cementes ohne Sandzusatz empfiehlt sich namentlich dann, wenn es sich um den Vergleich von Portlandcementen mit gemischten Cementen und anderen hydraulischen Bindemitteln handelt, weil durch die Selbstfestigkeit die höhere Güte, beziehungsweise die besonderen Eigenschaften des Portlandcementes, welche den übrigen hydraulischen Bindemitteln abgehen, besser zum Ausdrucke gelangen, als durch die Probe mit Sand.

Obgleich das Verhältniss der Druckfestigkeit zur Zugfestigkeit bei den hydraulischen Bindemitteln ein verschiedenes ist, so wird doch vielfach nur die Zugfestigkeit als Werthmesser für verschiedene hydraulische Bindemittel benutzt. Dies führt jedoch zu einer unrichtigen Beurtheilung der letzteren. Da ferner die Mörtel in der Praxis in erster Linie auf Druckfestigkeit in Anspruch genommen werden, so kann die maassgebende Festigkeitsprobe nur die Druckprobe sein.

Um die erforderliche Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, derartige Apparate und Geräthe zu benutzen, wie sie bei der königlichen Prüfungsstation in Charlottenburg-Berlin in Gebrauch sind.

VI. Zug- und Druckfestigkeit.

Langsam (Oesterreich: langsam oder mittel und rasch) bindender Portlandcement soll bei der Probe mit 3 Gewichtstheilen Normalsand auf 1 Gewichtstheil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimalzugfestigkeit von 16 *kg* (Oesterreich: 15, beziehungsweise 12 *kg*) für das Quadratcentimeter haben. Die Druckfestigkeit soll mindestens 160 *kg* (Oesterreich: 150, beziehungsweise 120 *kg*) für das Quadratcentimeter betragen.

Bei schnell bindenden Portlandcementen ist die Festigkeit nach 28 Tagen im Allgemeinen eine geringere als die oben angegebene. Es soll deshalb bei Nennung von Festigkeitszahlen stets auch die Bindezeit aufgeführt werden.

Begründung und Erläuterungen.

Da verschiedene Cemente hinsichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es bei ihrer Verwendung vorzugsweise ankommt, sich sehr verschieden verhalten können, so ist insbesondere beim Vergleich mehrerer Cemente eine Prüfung mit hohem Sandzusatz unbedingt erforderlich. Als geeignetes Verhältniss wird angenommen: 3 Gewichtstheile Sand auf 1 Gewichtstheil Cement, da mit 3 Theilen Sand der Grad der Bindefähigkeit bei verschiedenen Cementen in hinreichendem Maasse zum Ausdruck gelangt.

Cement, welcher eine höhere Zug-, beziehungsweise Druckfestigkeit zeigt, gestattet in vielen Fällen einen grösseren Sandzusatz und hat von diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie oft schon wegen seiner grösseren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Die maassgebende Festigkeitsprobe ist die Druckprobe nach 28 Tagen, weil in kürzerer Zeit, beim Vergleich verschiedener Cemente, die Bindekraft nicht genügend zu erkennen ist. So können z. B. die Festigkeitsergebnisse verschiedener Cemente bei der 28-Tageprobe einander gleich sein, während sie bei einer Prüfung nach sieben Tagen noch wesentliche Unterschiede zeigen.

Als Controlprobe für die abgelieferte Ware dient die Zugprobe nach 28 Tagen. Will man jedoch die Prüfung schon nach sieben Tagen vornehmen, so kann dies durch eine Vorprobe geschehen, wenn man das Verhältniss der Zugfestigkeit nach sieben Tagen zur 28-Tagefestigkeit an dem betreffenden Cement ermittelt hat. Auch kann diese Vorprobe mit reinem Cement ausgeführt werden, wenn man das Verhältniss der Festigkeit des reinen Cementes zur 28-Tagefestigkeit bei 3 Theilen Sand festgestellt hat.

Es empfiehlt sich, überall da, wo dies zu ermöglichen ist, die Festigkeitsproben an zu diesem Zwecke vorräthig angefertigten Probekörpern auf längere Zeit auszudehnen, um das Verhalten verschiedener Cemente auch bei längerer Erhärtungsdauer kennen zu lernen.

Um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, muss man überall Sand von gleicher Korngrösse und gleicher Beschaffenheit benutzen. Dieser Normalsand wird dadurch gewonnen, dass man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen für das Quadratcentimeter siebt, dadurch die gröbsten Theile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sande mittelst eines Siebes von 120 Maschen für das Quadratcentimeter noch die feinsten Theile entfernt. Die Drahtstärke der Siebe soll 0·38 *mm*, beziehungsweise 0·32 *mm* betragen.

Da nicht alle Quarzsande bei der gleichen Behandlungsweise die gleiche Festigkeit ergeben, so hat man sich zu überzeugen, ob der zur Verfügung stehende Normalsand mit dem unter der Prüfung des Vorstandes

a) Handarbeit. Man legt auf eine zur Anfertigung der Proben dienende Metall- oder starke Glasplatte fünf mit Wasser getränkte Blättchen Fliesspapier und setzt auf diese fünf mit Wasser angenetzte Formen. Man wiegt 250 *g* (Oesterreich: 150 *g*) Cement und 750 *g* (Oesterreich: 450 *g*) trockenen Normalsand ab und mischt beides in einer Schüssel gut durcheinander. Hierauf bringt man 100 cm^3 = 100 *g* (Oesterreich: 60 *g*) reines, süsses Wasser hinzu und arbeitet die ganze Masse fünf Minuten lang tüchtig durch. Mit dem so erhaltenen Mörtel werden alle Formen unter Eindrücken auf einmal so hoch angefüllt, dass sie stark gewölbt voll werden. Man schlägt nun mittelst eines eisernen Spatels von 5 auf 3 *cm* Fläche, 35 *cm* Länge und im Gewichte von etwa 250 *g* (Oesterreich: 350 *g*) den überstehenden Mörtel anfangs schwach und von der Seite her, dann immer stärker, so lange in die Form ein, bis derselbe elastisch wird und an seiner Oberfläche sich Wasser zeigt. Ein bis zu diesem Zeitpunkt fortgesetztes Einschlagen von etwa einer Minute pro Form ist unbedingt erforderlich. Ein nachträgliches Aufbringen und Einschlagen von Mörtel ist nicht statthaft, weil die Probekörper aus demselben Cement an verschiedenen Versuchsstellen gleiche Dichten erhalten sollen. Man streicht nun das die Form Ueberragende mit einem Messer ab und glättet mit demselben die Oberfläche. Man löst die Form vorsichtig ab und setzt die Probekörper in einen mit Zink ausgeschlagenen Kasten, der mit einem Deckel zu bedecken ist, um ungleichmässiges Austrocknen zu verhindern. 24 Stunden nach der Anfertigung werden die Probekörper unter Wasser gebracht, und man hat nur darauf zu achten, dass dieselben während der ganzen Erhärtungsdauer vom Wasser bedeckt bleiben.

b) Maschinenmässige Anfertigung. Nachdem die mit dem Füllkasten versehene Form auf der Unterlagsplatte durch zwei Stellschrauben festgeschraubt ist, werden für jede Probe 180 *g* des wie in *a*) hergestellten Mörtels in die Form gebracht und wird der eiserne Formkern eingesetzt. Man giebt nun mittelst des Schlagapparates von Dr. Böhme mit dem Hammer von 2 *kg* 150 Schläge auf den Kern.

Nach Entfernung des Füllkastens und des Kernes wird der Probekörper abgestrichen und geglättet, sammt der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im Uebrigen behandelt wie unter *a*).

Bei genauer Einhaltung der gegebenen Vorschriften geben Handarbeit und maschinenmässige Anfertigung gut übereinstimmende Ergebnisse. In strittigen Fällen ist jedoch die maschinenmässige Anfertigung die maassgebende.

Druckproben.

Um bei Druckproben an verschiedenen Versuchsstellen zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, ist maschinenmässige Anfertigung erforderlich.

Man wiegt 400 *g* Cement und 1200 *g* trockenen Normalsand ab, mischt beides in einer Schüssel gut durcheinander, bringt 160 cm^3 = 160 *g* Wasser hinzu und arbeitet den Mörtel fünf Minuten lang tüchtig durch. Von diesem Mörtel füllt man 860 *g* in die mit Füllkasten versehene und auf die Unterlagsplatte aufgeschraubte Würfelform. Man setzt den eisernen Kern in die Form ein und giebt auf denselben mittelst des Schlagapparates von Dr. Böhme mit dem Hammer von 2 *kg* 150 Schläge.

Nach Entfernung des Füllkastens und des Kernes wird der Probekörper abgestrichen und geglättet, mit der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im Uebrigen behandelt wie unter *a*).

Anfertigung der Proben aus reinem Cement.

Man ölt die Formen auf der Innenseite etwas ein und setzt dieselben auf eine Metall- oder Glasplatte (ohne Fliesspapier unterzulegen). Man wiegt nun 1000 *g* (Oesterreich: 600 *g*) Cement ab, bringt 200 *g* = 200 cm^3 (Oesterreich: 120 cm^3) Wasser hinzu und arbeitet die Masse (am besten mit einem Pistill) fünf Minuten lang durch, füllt die Formen stark gewölbt voll und verfährt wie unter *a*). Die Formen kann man jedoch erst dann ablösen, wenn der Cement genügend erhärtet ist.

Da beim Einschlagen des reinen Cementes Probekörper von gleicher Consistenz erzielt werden sollen, so ist bei sehr feinem oder bei rasch bindendem Cement der Wasserzusatz entsprechend zu erhöhen.

Der angewandte Wasserzusatz ist bei Nennung der Festigkeitszahlen stets anzugeben.

Behandlung der Proben bei der Prüfung.

Alle Proben werden sofort bei der Entnahme aus dem Wasser geprüft. Da die Zerreissungsdauer von Einfluss auf das Ergebniss ist, so soll bei der Prüfung auf Zug die Zunahme der Belastung während des Zerreissens 100 *g* für die Secunde betragen. Das Mittel aus den zehn Zugproben soll als die maassgebende Zugfestigkeit gelten.

Bei der Prüfung der Druckproben soll, um einheitliche Ergebnisse zu wahren, der Druck stets auf zwei Seitenflächen der Würfel ausgeübt werden, nicht aber auf die Bodenflächen und die bearbeitete obere Fläche. Das Mittel aus den zehn Proben soll als die maassgebende Druckfestigkeit gelten.

So weit die Bestimmungen. Man vergleiche mit ihnen die bereits im § 214 abgedruckten Beschlüsse der letzten Wiener Conferenz über die einheitliche Prüfung von hydraulischen Bindemitteln.

die obere Oeffnung der Messröhre *a* wieder mit dem Stopfen verschlossen. Nach einigen Minuten, während welcher Zeit ein Absetzen und Klären der Füllung eintritt, nimmt man den Apparat hoch und stösst ihn mehrere Male vorsichtig auf den Arbeitstisch auf, wodurch sämmtliche Luftbläschen aufsteigen und alle etwaigen Aufstauungen des Cementes in der Messröhre beseitigt werden. Hierauf wird an der Scala die Ablesung vorgenommen und das specifische Gewicht dadurch bestimmt, dass man den Inhalt (cm^3) der verdrängten Flüssigkeit in die angewendeten 100 *g* dividirt. Das so gefundene specifische Gewicht ist aber genau genommen etwas niedriger, als in Wirklichkeit, weil sich nicht alle Luft aus dem Cementpulver verdrängen lässt; dieser Fehler wird aber etwas ausgeglichen durch nicht zu vermeidenden Verlust, durch Verstäubung des Cementes und durch Verdunstung der verwendeten Flüssigkeit. Die Prüfung ist bei einer Zimmertemperatur von 15—18° *C.* vorzunehmen und der Apparat vor Sonne oder anderer strahlender Wärme sorgfältig zu schützen; geschieht dies nicht, so kann man für das specifische Gewicht einen zu hohen Werth erhalten.

Um die Abbindungsverhältnisse zu ermitteln, bedient man sich einer 300 *g* schweren Normalnadel von 1 mm^2 Querschnittfläche; ihre Anwendung ist in den §§ 214 und 220 näher beschrieben.

Als Normalapparat zur Bestimmung der Zugfestigkeit wird der von Dr. Michaelis construirte, in Figur 390 abgebildete, allgemein benutzt. Dieser Zugfestigkeitsapparat (*A*) beruht auf dem Doppelhebelsystem. Auf einer massiven Säule von etwa $^1/_3$ *m* Höhe sind zwei mit einander verbundene Hebel — der obere (*a*) von zehnfacher, der untere (*b*) von fünffacher Uebersetzung — angeordnet. Die obere Klammer (*c*), in welche der zu zerreissende Probekörper eingespannt wird, hängt auf einem Dorn, die untere (*d*) ist mittelst Kugelgelenkes an einer Schraubenspindel mit Stellrad befestigt. Diese Klammern sind so construirt, dass sie ein sicheres Angreifen der Zugkraft in vier Punkten gewährleisten. Ein Gegengewicht (*Q*) dient zur genauen Ausbalancirung des ganzen Hebelsystems und zur Einstellung in die Gleichgewichtslage, wobei die Ebenen, welche man sich durch die Schneidekanten gelegt denkt, horizontale sind.

Dem oberen Hebel des im Gleichgewichtszustande befindlichen Doppelhebelsystems setzt man an seinem das Bügelgehänge tragenden (freien) Ende einen etwa 30 *g* schweren Reiter auf; sodann hebt man mittelst des Stellrades die untere Klammer, etwa bis auf 5 *mm* Entfernung von der oberen, ergreift mit der Rechten den Probekörper (*g*) und schiebt denselben, die obere Klammer mit der Linken niederziehend und festhaltend, in die Klammern ein. Mittelst des Stellrades wird darauf die unter der Belastung durch den Reiter hinreichend in Schluss bleibende genaue Einspannung vorgenommen. Dann wird der den Belastungsstoff (Schrot) aufnehmende Eimer (*C*) so eingehängt, dass er 6—8 *cm* über dem Arbeitstische hängt. Das Schrotauslaufgefäss (*B*) wird so gestellt, dass sein Auslauf möglichst bis in die Mitte des Schroteimers hineinragt. Den Verschluss des Schrotauslaufes bildet entweder ein Lederschlauch, welcher im Augenblick des Bruches ein wenig aufwärts gezogen wird, oder ein selbstthätig wirkender Schieber.

Der nur zur Feststellung des Probekörpers in den Klammern bis zum Augenblick der Eimereinhängung in den Bügel dienende Reiter wird jetzt entfernt und durch Niedersenken des Schlauches oder beim selbstthätigen

Schrotauslauf durch Aufheben des Sperrschiebers, das Auslaufen des Schrotes bewirkt. Letzteres soll möglichst 100 *g* für die Secunde betragen.

Nach erfolgtem Bruch wird der Schroteimer ausgelöst und auf einer Federwaage gewogen. Da die Hebelübersetzung eine fünfzigfache und der Querschnitt des Probekörpers 5 cm^2 ist, so stellt das angewendete Bruchgewicht $^5/_{50}$ des wirklichen Bruchgewichtes dar; es ist mithin die an der Federwaage abgelesene Zahl mit 10 zu multipliciren, um das Bruchgewicht für das Quadratcentimeter zu erhalten.

Will man auf dem Apparat selbst das Bruchgewicht ermitteln, so hängt man den Eimer mit dem Schrot in den Haken, welcher sich unten an der beide Hebel verbindenden Zugstange (bei *e*) befindet und hängt am Bügel des oberen Hebels ein kleines Messingschälchen (*f*) von etwa 100 *g* Gewicht zur Aufnahme der Gewichtsstücke ein; man legt in dieses Schälchen so viele Gewichte, bis das Hebelsystem wieder ins Gleichgewicht gebracht ist. Das angewendete Bruchgewicht, der Schroteimer mit dem Schrot, ist auf diese Weise nochmals decimal ausgewogen. Die verwendeten Gramme, zuzüglich des Gewichtes des Messingschälchens, stellen demgemäss $^1/_{100}$ des wahren Bruchgewichtes für die Querschnittseinheit dar; daraus ergiebt sich die einfache Regel: man erhält mit dem Festigkeitsapparat selbst das Bruchgewicht in Kilogrammen für das Quadratcentimeter, indem man von dem Gewichte in Grammen die letzte Stelle abschneidet (das Komma um eine Stelle nach links rückt).

Derselbe Apparat dient auch zur Ermittlung der Adhäsions- (Haft-) Festigkeit. Die gewöhnlichen Klammern werden dann durch besondere, für diesen Zweck construirte Klammern ausgewechselt.*)

Die Formen für Zugprobekörper, die durch Handarbeit hergestellt werden sollen, erhalten die in Figur 390 *h* dargestellte Einrichtung. Sie bestehen aus zwei Theilen, welche mit Führungsstiften an den Flanschen ausgestattet sind und durch einen starken federnden Bügel fest zusammengehalten werden. Sollen die Probekörper mittelst des Hammerapparates von Dr. Böhme erzeugt werden, so wird die Mörtelmasse in einen in zwei Theile zerlegbaren Formkasten *A* (Fig. 391) gebracht, welcher für Würfel

oder herausgenommen und durch einen neuen Schwanz ersetzt werden kann. Die Lagerblöcke *b* tragen eine Achse mit einem Daumenrad, das zehn Zähne besitzt und durch ein auf derselben Achse, aber ausserhalb der Lagerblöcke befindliches Vorgelege *h* getrieben wird. Zur Bewegung des Vorgeleges dient ein mittelst der Kurbel *k* nebst Welle in Drehung versetztes Getriebe *l*. Durch das Daumenrad wird der Hammer so gehoben, dass er in angemessenen Zwischenräumen auf die Platte *G* fällt. In den Böcken *c c* ist die Welle der Kurbel gelagert. Zwischen diesen Böcken befindet sich die Sperrklinke *m*, welche auf der Kurbelwelle drehbar und auf der linken Seite schwerer als auf der rechten ist, so dass sie gegen die Scheibe *n* angedrückt wird, die fest auf einer vom Lagerbock *b* getragenen Achse und an der hinteren Seite des vorderen Bockes sitzt. Die Drehung der Scheibe *n* erfolgt mittelst einer auf derselben Achse sitzenden kleinen Kurbel *o*, und zwar vor Inbetriebsetzung des Apparates, so weit, dass die Kurbel *o* an den Stift *p* anschlägt. Die Scheibe *n* hat einen kleinen Ausschnitt und ist mit Stiften versehen, welche von einem auf der Nabe des Daumenrades sitzenden Mitnehmer *q* in der Weise gefasst werden, dass bei einer vollen Umdrehung des Daumenrades die Scheibe *n* um einen Stift vorgeschoben wird. Da das Daumenrad zehn Daumen besitzt, so werden bei jeder Umdrehung desselben zehn Hammerschläge ausgeführt. Bei 15 Umdrehungen oder 150 Hammerschlägen ist *n* so weit herumgedreht, dass die Sperrklinke *m* in den Ausschnitt von *n* einfällt und gleichzeitig einen Daumen des Daumenrades festhält. Dann wird die Unterlagsplatte *B* mit Formkasten und Aufsatz aus dem Apparat herausgenommen, hierauf der Aufsatzkasten *E* vorsichtig nach oben abgezogen, die Platte *G* fortgenommen, indem man sie horizontal abzieht, der Mörtel abgeschnitten und geglättet und endlich die Form mit dem Probekörper abgezogen. (Weitere Abbildungen dieses Schlagapparates und der zu ihm gehörenden Formen bringt u. A. das bereits mehrfach erwähnte Werk: »Der Portlandcement und seine Anwendungen im Bauwesen«, Berlin 1892, S. 45—47, das auch von uns zu vorstehenden Erläuterungen benutzt wurde.)

Statt dieses Hammerapparates werden in neuerer Zeit zur maschinenmässigen Anfertigung gern Fallhammer-Constructionen benutzt, weil sich mit diesen die Rammarbeit ziffernmässig ausdrücken lässt. Solche Apparate bauen Nagel & Kaemp in Hamburg und Klebe in München.

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit dient entweder eine hydraulische Presse oder der von Professor v. Tetmajer in Zürich erdachte und von Professor Amsler-Laffon in Schaffhausen ausgeführte schweizerische Normalapparat.

Eine bereits von einer grossen Zahl staatlicher und privater Prüfungsanstalten benutzte hydraulische Presse baut die Maschinenfabrik von Brink & Hübner in Mannheim in vier verschiedenen Grössen, und zwar für einen Druck von 10000, 60000, 120000 und 150000 *kg*. Diese in den Figuren 392 und 393 in Vorder- und Seitenansicht dargestellte Presse besteht aus zwei durch einen Canal mit einander verbundenen und mit Glycerin gefüllten Cylindern. Beide Cylinder sind mit entsprechenden Kolben versehen, welche auf sehr einfache, sichere Weise abgedichtet sind und von denen der grössere senkrechte die viereckige Pressplatte *a* trägt. Die obere Pressplatte *b* hängt in einem Kugelgelenke an einer Schraube und ist in der Höhe verstellbar. Zwischen diesen beiden Platten wird nun der zu unter-

suchende Körper eingespannt, wobei der horizontale Kolben ganz herausgeschraubt sein muss. Durch langsames Eindrehen des kleinen Kolbens in seinen Cylinder wird die in letzterem enthaltene Flüssigkeit (Glycerin) verdrängt und unter den grossen Kolben gepresst; letzterer überträgt nun den erzeugten Druck auf das Probestück. Der Druck erfolgt ganz langsam und allmälig ohne jeden Stoss und wird durch drei Quecksilbermanometer angezeigt, die ebenfalls mit der Glycerinfüllung der Cylinder in Verbindung stehen. Das eine Manometer ist abstellbar und hat eine besonders grosse Theilung zum Ablesen des Druckes bis etwa 50 Atmosphären; das zweite Manometer zeigt bis 300 Atmosphären; das dritte, mittlere, dient lediglich zur Controle. Alle Manometer besitzen Maximumzeiger, welche stehen bleiben, sobald der Probekörper nur im Geringsten durch den auf ihn ausgeübten Druck verletzt wird, auch wenn eine solche Verletzung durch das Auge noch nicht erkennbar ist. Der Durchmesser des grossen Kolbens ist so gewählt, dass eine Umrechnung des Atmosphärendruckes in absolute Belastung des Probestückes, ausgedrückt in Kilogramm, sehr bequem ist. Diese Maschine liefert sehr rasche und genügend genaue Ergebnisse. Für Cementprüfungen genügt meistens eine Presse mit einem Maximaldruck von 60000 *kg*.

Vielfach im Gebrauch ist auch die Presse von Suchier in Frankfurt a. M., sowie die Hebelpresse von H. Schickert in Dresden.

Der schweizerische Normalapparat von J. Amsler-Laffon zur Prüfung der Druckfestigkeit hydraulischer Bindemittel (Fig. 394 u. 395) stellt eine hydraulische Presse dar, deren Flüssigkeitsdruck durch ein System von Kolben so weit herabgesetzt wird, dass er mit dem Gegendruck einer Quecksilbersäule von bequemer Höhe gemessen werden kann. In Figur 394 bezeichnet *A* den Druckkolben; *B* und *C* sind die Kolben, welche zur Herabsetzung des unter *A* herrschenden Druckes dienen; *D* stellt das Quecksilbermanometer dar, eine oben offene, unten mit dem unter Kolben *C* liegendem Raume verbundene Glasröhre. *F* und *G* sind die beiden Druckplatten, zwischen denen der Probekörper *E* liegt; *F* ruht mit einer Halbkugelfläche auf *A*, so dass sich diese Druckplatte selbst einstellen kann. *G* hängt am unteren Ende der Schraube *H* und kann mittelst des Handrades *I* in passende Höhe gebracht werden. Der Cylinder *K*, in dem sich der Kolben *A* bewegt, ist mit Ricinusöl gefüllt. Wird die Stange *L* in *K* hineingepresst, so wird auf das Oel ein Druck ausgeübt und durch diesen *A* gehoben und *B* abwärts gedrückt; der Kolben *B* drückt wiederum auf den grösseren Kolben *C* und dieser auf eine darunter liegende, den unteren Theil des Cylinders *M* und die nach der Glasröhre führende Rohrleitung ausfüllende Quecksilbermasse, über welcher sich behufs Dichtung des Kolbens eine Schicht dünnflüssigen, nicht harzenden Maschinenöles befindet. Durch diesen Druck steigt das Quecksilber im Glasrohr auf, bis es dem Druck das Gleichgewicht hält. Der vom Kolben *A* auf *E* ausgeübte Gesammtdruck wird (in Tonnen à 1000 *kg*) an der rechts neben dem Glasrohr angebrachten Scala und der Druck (in Kilogramm), welchen 1 cm^2 des Probekörpers erleidet, an der links angeordneten Scala abgelesen. In der Regel wird der Probekörper mit 7 *cm* Seitenlänge angefertigt. Einem Maximaldruck von 30000 *kg* auf Kolben *A* entspricht eine Quecksilbersäulen-Höhe von etwa 140 *cm*. Die zu einer Probe nöthige Zeit ist von der Festigkeit des Probekörpers abhängig und schwankt zwischen 1 und $1^1/_2$ Minuten. Zu dieser

sehr empfehlenswerthen, die Prüfung auf Druckfestigkeit ungemein einfach gestaltenden Maschine wird von der Firma ein Controlapparat geliefert, welcher aus zwei entgegengesetzt angeordneten, symmetrisch zur Achse gegen die Druckplatte der Druckschraube gestützten Hebeln besteht. (Näheres über den schweizerischen Normalapparat und seinen Controlapparat findet man in der [auch hier benutzten] Beschreibung, welche seitens der Fabrik versandt wird, und in dem Werke »Der Portlandcement und seine Anwendungen im Bauwesen«, Berlin 1892, S. 54—57.)

Noch zu erwähnen ist der Apparat zum Entformen von Cement-Zugprobekörpern von Dr. W. Michaelis in Berlin (beschrieben und abgebildet in der »Thonindustrie-Zeitung«, 1891, Nr. 19) und der Bauschinger'sche Taster. Letzterer ist ein Präcisions-Fühlhebel, mit welchem man an Stäben von 100 *mm* Länge noch Längenänderungen von 0·005 *mm* zu messen vermag; er dient zur ziffermässigen Bestimmung der Volumen-Veränderungen von Portlandcement-Stäben.

§ 222. Eigenschaften des Portlandcementes.

Von allen hydraulischen Bindemitteln wird der scharf gebrannte Portlandcement seiner vielen vorzüglichen Eigenschaften wegen am meisten geschätzt.

Festigkeit. Seine Festigkeit ist ungefähr doppelt so gross als die eines guten hydraulischen Kalkes und Romancementes. Sie wächst mit zunehmender Feinheit der Mahlung des Cementpulvers und mit zunehmender Erhärtung, sofern dem Portlandcementmörtel nicht etwa durch poröse Unterlagen Wasser entzogen wird. Die Festigkeitszunahme erfolgt in der ersten Zeit am schnellsten, später jedoch langsamer. Die Festigkeit ist bereits zu Anfang der Erhärtung (nach Verlauf einer Woche) ziemlich gross, erreicht jedoch ihren grössten Werth erst nach Verlauf mehrerer Jahre. Die Anfangsfestigkeit des Portlandcementmörtels ist bei Erhärtung desselben in der Zimmerluft, nachdem der Mörtel 1 oder 2 Tage im Wasser gelegen hat, grösser als bei Erhärtung im Freien oder unter Wasser, wie aus folgender Tabelle*) hervorgeht.

Erhärtung	Zugfestigkeit in *kg* pro *cm*²				
	1 Woche	4 Wochen	13 Wochen	26 Wochen	1 Jahr
Im Wasser	17·5	21·0	22·7	28·2	32·9
An der offenen Luft im Zimmer	17·9	22·7	26·1	32·4	35·6
1 Tag im Wasser, dann an der offenen Luft im Zimmer	18·7	25·4	29·3	34·1	38·4
2 Tage im Wasser, dann an der offenen Luft im Zimmer	19·3	26·9	31·5	38·1	40·1
4 Wochen im Wasser, dann an der offenen Luft im Zimmer	—	21·3	34·9	41·2	42·9
Im Freien	16·1	27·6	25·5	35·4	43·5
1 Woche im Wasser, dann im Freien	17·6	22·1	30·3	33·9	56·1

*) Aus dem »Handbuch der chemischen Technologie« von Dr. Ferd. Fischer, Leipzig 1893, S. 832.

Vorbemerkung zu umstehender Tabelle: Als Mörtel wurde eine Mischung von 1 Theil Cement und 3 Theilen Sand mit dem nothwendigen Wasserzusatz angewendet, und es wurden alle Proben während der ersten 24 Stunden normengemäss in einem feuchten Raume aufbewahrt.

An der Luft erhärteter Cementmörtel büsst zunächst an Festigkeit ein, wenn er unter Wasser gebracht oder vom Regen durchnässt wird; bald jedoch nimmt seine Festigkeit wieder zu. Die Nachhärtungsfestigkeit ist sehr gross, wenn man den Cementmörtel anfangs unter Wasser, später an der Luft erhärten lässt, und sie erreicht (nach umstehender Tabelle) den höchsten Werth, wenn der Mörtel eine Woche im Wasser gelegen hat, bevor er der Luft ausgesetzt wurde; sie vermindert sich jedoch wieder, sobald man den nachgehärteten Mörtel wieder unter Wasser bringt.

Zustand, in welchem sich der Probecement befand	Siebrückstand in Procenten		Bindezeit		Temperaturerhöhung beim Abbinden in Grad Celsius	Normenprobe 1:3			Reiner Cement		
	900	5000				Zugfestigkeit		Druckfestigkeit	Zugfestigkeit		Druckfestigkeit
	Maschensieb		Stunden	Minuten		7 Tage	28 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	28 Tage
Frisch gemahlen	1·8	29·2	7	—	4·75	14·4	17·8	201	36·3	44·8	372
28 Tage in Säcken gelagert	1·6	27·4	5	45	4·50	15·7	18·8	219	34·2	43·2	361
90 Tage an der Luft ausgebreitet	1·4	23·1	2	15	2·35	10·7	15·8	176	30·4	36·9	322
7 Tage in trockener kohlensäurefreier Luft . .	1·6	29·0	7	15	4·25	14·6	18·7	206	36·6	45·4	376
28 Tage in trockener kohlensäurefreier Luft . . .	1·5	27·3	3	30	2·50	14·2	18·3	205	34·2	42·6	361
7 Tage in trockener Kohlensäure	1·2	28·8	7	45	4·50	14·5	18·0	205	36·5	45·6	378
28 Tage in trockener Kohlensäure	1·6	26·4	8	—	4·50	15·9	19·6	222	36·8	44·9	397
7 Tage in feuchter kohlen-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Ferner tritt eine Festigkeitsverminderung ein, wenn das Cementpulver längere Zeit an feuchter Luft gelagert hat, wie die vorstehende Tabelle zeigt, welche die Ergebnisse der von Tornei vorgenommenen Untersuchungen enthält.*)

Nimmt Portlandcement Wasser und Kohlensäure aus der Luft auf, so verringert sich auch sein specifisches Gewicht; dasselbe kann bei längerem Lagern im Feuchten unter 3·1 herabgehen.

Weiter tritt eine Verminderung der Festigkeit des Portlandcementmörtels durch einen grösseren Farbenzusatz ein, namentlich wenn zur Färbung Ockerarten benutzt werden; nur ein Zusatz von Ultramarin schadet der Festigkeit nicht, weil dasselbe hydraulische Eigenschaften besitzt und wie Cement erhärtet. Nach einer Mittheilung in den »Jahresberichten über die Fortschritte der chemischen Technologie« (1889, S. 448) verdarb ein Zusatz von 17% rother, 22% Schwefelsäure enthaltender Farbe den Cement vollständig.

Auch ein zu grosser oder ein zu geringer Wasserzusatz zum Cementmörtel wirkt auf die Festigkeit nachtheilig ein, wie noch im folgenden Paragraphen näher erläutert werden wird; ferner erleidet die Festigkeit eine Einbusse, wenn der Cementmörtel nicht schnell genug und erst nach seinem theilweisen Abbinden verarbeitet wird. Die Festigkeit ist beim rasch bindenden Portlandcement geringer als beim langsam bindenden, sie vermindert sich mit wachsendem Schwefelcalciumgehalt (vergl. Tabelle auf S. 96), bei längerer Einwirkung trockener Hitze und mit Zunahme der Magerkeit des Mörtels. Mit dem Wachsen des Sandzusatzes vermindert sich aber auch die Schnelligkeit des Erhärtens, die Dichtigkeit und die Bindekraft. Nach Grant's Untersuchung beträgt nach Jahresfrist die Festigkeit bei einem Gemenge:

aus	1	Theil	Portlandcement	und	1	Theil	Sand	etwa	75%
»	1	»	»	»	2	»	»	»	50%
»	1	»	»	»	3	»	»	»	33%
»	1	»	»	»	4	»	»	»	25%
»	1	»	»	»	5	»	»	»	17%

von der Festigkeit des reinen Portlandcementmörtels.

Ziemlich bedeutend ist die Abnutzungsfestigkeit oder Aussenhärte; deshalb ist Portlandcement gut zu solchen Constructionen verwendbar, welche einer mechanischen Abnutzung unterworfen sind. Dr. Böhme fand diese Abnutzungsfestigkeit beim reinen Portlandcementmörtel geringer als bei einem Mörtel aus 1 Theil Cement und 1—2 Theilen Sand; für einen 7 Tage lang unter Wasser erhärteten Mörtel im Mischungsverhältniss 1:3 ermittelte derselbe die Abnutzung mittelst der Bauschinger'schen Abschleifmaschine (bei 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe pro Minute) zu 1·88 cm^3, d. i. weniger als wie beim Granit. Die Härte lässt sich durch Fluatirung (mit Kessler'schem Magnesiafluat) wesentlich vergrössern. (Vergl. § 54.)

Die Verkittungsfestigkeit oder Adhäsion ist ebenfalls eine sehr hohe, denn man kann die mit Cementmörtel verlegten Steine beim Abbruch der Wand leichter zerstören, als den Mörtel vom Steine trennen.

*) Siehe »Handbuch der chemischen Technologie« von Dr. Ferd. Fischer, Leipzig 1893, S. 832.

Frostbeständigkeit. Portlandcementmörtel ist selbst bei hohem Sandzusatz schon kurze Zeit nach seinem Abbinden frostbeständig, auch vermag er bei Frostwetter, ja selbst im gefrorenen Zustande zu erhärten, jedoch geht diese Erhärtung nur langsam und wenig kräftig vor sich, auch ist die Anfangsfestigkeit des Mörtels eine geringere; später jedoch erreicht der Mörtel dieselbe Festigkeit wie der bei warmer Witterung verarbeitete. Man kann deshalb Portlandcementmörtel auch bei herrschender Kälte vermauern, nur soll man ihn dann mit möglichst wenig und erwärmtem Wasser anmachen, sowie mit erwärmtem Sand vermengen. Wird dem Mörtel zu viel Wasser hinzugesetzt, so kann man das Gefrieren des überschüssigen Wassers durch einen Zusatz von Kochsalz verhüten; ein solcher Zusatz aber giebt häufig zu späteren Ausblühungen (Efflorescenzen) Veranlassung und erzeugt feuchte Wände. Solche Ausblühungen entstehen gewöhnlich durch schwefelsaure und kohlensaure Salze, welche beim Brennen aus der Asche oder beim Anmachen aus dem Wasser, mitunter auch aus den Ziegelsteinen in den Cement gelangen. Diese Ausblühungen zeigen sich besonders im ersten Jahre, und soll man deshalb Oelfarbenanstriche, welche durch sie zerstört werden, erst nach Verlauf eines Jahres oder noch später auf mit Cementmörtel geputzte Flächen aufbringen und erst nach Behandlung der Putzflächen mit einer schwachen Säure oder mit einer Eisenvitriol- oder kohlensauren Ammoniaklösung oder mit Kessler'schen Fluaten und folgendem sorgfältigen Abspülen mit reinem Wasser. Nach Hauenschild werden die Alkalien durch möglichst tiefes Tränken der Cementputzfläche mit Kessler'schem Magnesia- oder Aluminium-Fluat in unlösliche Verbindungen übergeführt, und ist daher eine solche Tränkung vor dem Anstrich mit Oelfarbe sehr zu empfehlen; das überschüssige Fluat wird abgewaschen und nach dem Trocknen der Oelfarbenanstrich aufgebracht.

Dichtigkeit. Vor dem Romancement zeichnet sich Portlandcement durch seine grössere Dichtigkeit aus; letzterer liefert deshalb einen festeren und dichteren Mörtel und bedarf zur Bereitung eines Mörtels von Normalconsistenz eines geringeren Wasserzusatzes, auch zieht er weniger Feuchtigkeit und Kohlensäure aus der Luft an. Die Kohlensäureaufnahme soll nach Fresenius bei gutem Portlandcement nicht mehr als 0·06% betragen.

Widerstand gegen Wärmeeinwirkung. Vollständig erhärteter Portlandcement vermag sowohl im reinen Zustande als auch bei Sandzusatz eine Hitze von etwa 150° *C.* ohne Festigkeitseinbusse zu ertragen; er kann deshalb auch zu Behältern für kochendes Wasser, zu Maschinenfundamenten, Schornsteinbauten u. s. w. verwendet werden. Bei längerer Einwirkung einer grösseren Hitze als circa 150° *C.* tritt jedoch eine Festigkeitsverminderung ein, die sich indessen dadurch wieder beseitigen lassen soll, dass man den Mörtel unter Wasser bringt und während einiger Wochen darin liegen lässt oder ihn längere Zeit durch wiederholtes Annässen in einem feuchten Zustande erhält. Wird die Hitze bis zur Rothgluth gesteigert, so wird der Cementmörtel vollständig mürbe. Abgebundener Cement wird, wie Versuche der Hamburger Baubehörde ergeben haben, durch hochgradige Erhitzung in frischen Cement zurückverwandelt.

Wasserdichtigkeit. Guter reiner Portlandcement ist nach dem Erhärten wasserdicht, sofern das Wasser nicht unter einem starken Druck auf ihn einwirkt, im anderen Falle ist eine Durchlässigkeit schwach wahrnehmbar.

Der Cement eignet sich deshalb vorzüglich zu Isolirungen von Mauern gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit und wird zu diesem Zweck auch vielfach an Stelle anderer Isolirungsstoffe benutzt.

Verhalten gegen Säuren und Oele. Durch starke Säuren (namentlich Salz-, Salpeter- und Essigsäure), welche sich mit dem Kalk des Cementes zu löslichen Kalksalzen verbinden, wird Portlandcement zersetzt; als unschädlich werden Flüssigkeiten gehalten, welche weniger als 0·25% freie Säure besitzen. Um den Cement säurefest zu machen, wird empfohlen, ihn mit Asbestfarbe, d. h. mit einer innigen Mischung von reinem, pulverisirtem Asbest und sirupdicker Sodasilicatlösung, die durch Zusatz von Firniss oder Terpentinöl streichrecht gemacht wird, zwei- bis dreimal anzustreichen. Eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen saure, gährende und ätzende Flüssigkeit erlangen die Cementwaren, wenn man sie mit Kessler'schem Magnesiafluat tränkt.

Fette Oele erweichen namentlich mageren Cementmörtel, indem sich die Fettsäure mit dem Kalk zu Kalkseife verbindet; auch Gerbsäure greift den Cement an. Die Einwirkung von Seewasser ist gleichfalls nachtheilig, und es ist deshalb geboten, zu Bauten am Meeresstrande sorgfältig hergestellten, wenig gemagerten Mörtel zu verwenden, dessen dichtes Gefüge ein tieferes Eindringen des Seewassers verhindert.

Volumenbeständigkeit. Guter Portlandcement ist volumenbeständig, d. h. er treibt (wächst) nicht während und nach seiner Erhärtung. Enthält das Cementpulver jedoch Kalk, Gyps oder Magnesia in grösseren Mengen (vergl. § 219) oder concentrirte Chlorcalciumlösungen, Chlormagnesium oder Fluorverbindungen, so tritt leicht ein Treiben, besonders bei Lufterhärtung, ein. Lässt man Portlandcement längere Zeit vor seiner Verwendung an der Luft lagern, so findet durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft ein Zerfallen der gröberen Körner, also eine Verfeinerung statt, und es vermindert sich die Neigung des Cementes zum Treiben.

Ein gefährlicher Feind und Zerstörer des Portlandcement ist nach Dr. Michaelis das unter der Einwirkung von Meerwasser oder schwefelsäurehaltiger Lösungen (z. B. Gypswasser) sich bildende Doppelsalz, welches aus Kalkerde, Thonerde, Schwefelsäure und Krystallwasser besteht. Die unschädliche Grenze des Gypszusatzes fand Dr. Michaelis bei manchen Portlandcementen bis zu 4 Gewichtsprocenten Gyps, beziehungsweise 2 Gewichtsprocenten Schwefelsäure.

Schwind- und Treibrisse. Die beim erstarrten Cementkuchen häufig wahrnehmbaren Risse können Schwindrisse oder Treibrisse sein. Die harmlosen Schwindrisse entstehen hauptsächlich zu Anfang der Erhärtung, oft sogar schon während des Abbindens und namentlich leicht bei sehr langsam bindendem, dünnflüssigem, der Zugluft und den Sonnenstrahlen ausgesetztem Cementkuchen, und zwar in Folge der Zusammenziehung des Kuchens beim Austrocknen. Da dieses Zusammenziehen an der Oberfläche stärker als im Kern stattfindet, so bilden sich die Schwindrisse hauptsächlich an der Oberfläche. Sie sind in der Mitte des Kuchens breiter als am äusseren Umfange desselben, haben gewöhnlich eine unregelmässige Richtung und bilden häufig in sich zurücklaufende Curven oder netzartige Kreuzungen; Cementkuchen mit Schwindungsrissen besitzen immer eine ebene Lagerfläche. — Die Treibrisse dagegen entstehen erst nach vollständiger Erhärtung, oft erst nach Jahren, und beim Erhärten unter Wasser früher als an der Luft;

sie haben meistens eine radiale Richtung, sind in der Regel am Rande des Kuchens am weitesten und verengen sich nach der Mitte zu, auch treten sie meistens mit einer Verkrümmung des Kuchens auf. Durch diese Treibrisse wird eine Zerstörung des Kuchens von innen heraus herbeigeführt, sowie eine theilweise Aufhebung des Zusammenhanges der einzelnen Theilchen, die bis zum Zerbröckeln führen kann.

Abbinden. Man erhält in der Regel durch thonerde- und alkalireiche Rohstoffe sowie durch einen schwachen Brand einen rascher bindenden Cement, durch kieselreiche Rohstoffe und einen scharfen Brand einen langsamer bindenden Cement, jedoch ist dies nicht immer der Fall, weil es auch Rohstoffe giebt, die gerade beim schärfsten Brande einen sehr schnell bindenden Cement liefern.

Schnell bindender Cement vermag grössere Wassermassen in sich fest zu machen (in seine Poren einzuhüllen) und liefert nach seiner Erhärtung eine porösere Masse als langsam bindender, welcher beim Beginn des Abbindens förmlich Wasser ausstösst und selbst bei grösserem Wasserzusatz dicht wird; auch erfordert der schnell bindende Cement zum Anmachen eines Teiges von normengemässer Dickflüssigkeit eine grössere Menge Wasser. Wird die Erhärtung des schnell bindenden Cementes durch fleissiges Umrühren gestört, so gelingt es oft, den bereits halberstarrten Mörtel wieder flüssig zu machen. Durch dieses Verfahren — »Verrühren« genannt — erreicht man ein langsameres Abbinden des Mörtels. Da derselbe längere Zeit weich bleibt und nur eine geringere Härte erlangt, so ist es nothwendig, schnell bindenden Cement noch vor dem Erhärtungsbeginn zu verarbeiten.

Frischer Cement bindet schneller ab als abgelagerter, ein mit warmem Wasser angemachter und ein dickflüssiger Portlandcementmörtel schneller als ein mit kaltem Wasser bereiteter und ein dünnflüssiger. Das Abbinden lässt sich oft verzögern durch einen geringen Zusatz von schwefelsaurem Kalk oder Gyps (höchstens bis 2%), durch Zusatz von doppeltkohlensauren und schwefelsauren Salzen, welche Aetzkalk zu binden vermögen, und durch Verwendung von hartem Anmachewasser, sowie Seewasser, in denen solche Salze gelöst enthalten sind.

Durch welchen Vorgang die Erhärtung des Cementes bewirkt wird, ist noch nicht genügend aufgeklärt, obwohl sich viele hervorragende Specialisten (z. B. L. Erdmenger, Fuchs, Kawalewski, A. Winkler, Feichtinger, Vicat, Ribot, Chatenay, Huck, Hauenschild, Dr. Michaelis, Pettenkofer u. A.) mit dieser Frage eingehend beschäftigt haben. Die Ansicht dieser Fachmänner ist theilweise eine sehr verschiedene, jedoch wird allgemein als richtig angenommen, dass beim Brennen der Cementrohmasse eine Aufschliessung des Thones erfolgt und dabei ein Silicat von Kalk und Thonerde entsteht, welches die Fähigkeit besitzt, Wasser chemisch zu binden, ferner dass der Cement beim Erhärten unter Wasser eine geringe Menge seiner Bestandtheile (nämlich die Alkalien und etwas Kalk und Kieselsäure) an das Wasser abgiebt und endlich dass ein grosser Theil des Kalkes bei Lufterhärtung in kohlensauren Kalk umgewandelt, also Kalkhydrat ausgeschieden wird.

Pulverisirter erhärteter Portlandcement erhärtet, mit Wasser angerührt, von neuem, jedoch weniger kräftig.

Nach Dr. Michaelis tritt die maassgebende Erhärtung nach 7 Tagen ein; nach dieser ist die Güte des Cementes zu beurtheilen. In den ersten drei Monaten nimmt die Erhärtung noch wesentlich zu, dann wird die Zunahme eine geringere und nach etwa einem Jahre ist die Erhärtung soweit beendet, dass sich von da ab bis nach Verlauf eines weiteren Jahres eine weitere Zunahme nicht mehr mit Sicherheit nachweisen lässt.

Für die Erhärtung des Portlandcementes ist erforderlich: Ruhe während des Abbindens, denn Cementmörtel erhärtet nicht oder doch nur sehr mangelhaft in bewegtem Wasser, Schutz gegen zu schnelles Austrocknen und Wasserentziehung (z. B. durch poröse Unterlagen) durch Annässen der fertigen Cementarbeit während der ersten Tage und durch Annässen der Steine vor dem Vermauern, denn Cement erlangt niemals seine volle Härte, wenn ihm schon im Anfange seiner Erhärtung das zu dieser nöthige Wasser entzogen wird.

Gewicht. Es wiegt 1 *hl* Portlandcement lose im Mittel 140 *kg* (Gewicht von 71 *l* durchschnittlich 100 *kg*) und fest gepackt im Mittel 185 *kg*.

§ 223. Mörtelbereitung.

Reiner Cementmörtel, d. h. solcher, welcher nur aus Portlandcement und Wasser besteht, wird nur dann verwendet, wenn der Mörtel dauernd unter Wasser oder in feuchtem Boden oder in geschlossenen Räumen verbleibt und wenn ein sehr rasches Erhärten und eine äusserst dichte, harte und feinkörnige Masse nothwendig ist, also z. B. zum Verstopfen von Quellen, zur Herstellung von möglichst harten, festen, wasserdichten Kunststeinen, welche unter Wasser oder in einem feuchten Klima (z. B. an der Meeresküste) Verwendung finden sollen, zu Cementarbeiten, welche eine besonders grosse Glätte besitzen sollen u. s. w., auch werden noch feuchte Putzflächen, um ihre Wasserdichtigkeit zu erhöhen, mit reinem Cement abgerieben und geglättet. Nicht geeignet ist reiner Portlandcementmörtel zur Verwendung in einem trockenen Klima und an Orten, wo er den Sonnenstrahlen und dem Zugwinde ausgesetzt ist, weil er dann keine Haltbarkeit besitzt und namentlich leicht Schwindrisse erhält.

In den meisten Fällen also muss der Mörtel aus einem Gemenge von Cement, Sand und Wasser bereitet werden.

Wasser. Das Anmachewasser darf nicht trübe und schlammig sein und nicht organische Stoffe und solche Salze aufgelöst enthalten, welche die Festigkeit des Cementes vermindern können (vergl. den vorigen Paragraphen). Die Wassermenge soll nicht zu gering, aber auch nicht zu gross gewählt werden, weil bei zu geringem Wasserzusatz die Festigkeit des Mörtels, nachdem sie schnell einen grossen Werth erreicht hat, wieder allmälig abnimmt und oft nach 2 Jahren nur noch halb so gross ist als diejenige, die nach Verlauf derselben Zeit ein mit richtiger Wassermenge angemachter Mörtel erreicht, und weil bei zu grossem Wasserzusatz das Abbinden verzögert, ein Theil des Mörtels zu schnell zerlegt, ausgelaugt und auseinandergeschwemmt, die Porosität des Mörtels, weil das im Ueberschuss zugesetzte Wasser nach seiner Verdunstung viele Poren hinterlässt, vergrössert und die Festigkeit vermindert wird; denn die Kittkraft des Cementes ist zwischen den entfernter gelagerten Theilchen des lockeren Mörtels eine geringere als zwischen den näher gelagerten Theilchen des dichten Mörtels.

Nach Tetmajer sind zur Erreichung eines Mörtels von normengemässer Dickflüssigkeit bei einem Mischungsverhältniss von 1:3 (in Gewichtsprocenten der gemischten trockenen Masse) für die Normenprüfungen auf Zug 8—10%, für Druck 8—9% Wasser nothwendig, im Uebrigen bei demselben Mischungsverhältnisse und zur Erzielung von Normalconsistenz 22—28% Wasser. Man kann annehmen, dass 20 Gewichtsprocente Wasser einen feuchten, sich ballenden und 40 Gewichtsprocente einen zwar dünnflüssigen, aber zum Vergiessen noch geeigneten Mörtel ergeben. Nach Fried. Neumann braucht man der Mischung von Cement und Sand nur so viel Wasser hinzuzusetzen, dass ein verarbeitungsfähiger steifer Brei entsteht, dass beim Schlagen oder Pressen oder fortgesetzten Durcharbeiten noch ein gewisser plastischer Zustand eintritt und sich an der Oberfläche einige Wassertropfen bilden, ein Zeichen, dass sämmtliche Zwischenräume mit Wasser ausgefüllt sind. Bei trockener und heisser Witterung ist ein grösserer Wasserzusatz nöthig als bei feuchtem und kaltem Wetter, bei Verwendung von schnell bindendem Cement mehr Wasser als bei Benutzung von langsam bindendem, bei Mörtel, welcher zum Vermauern dienen soll, mehr Wasser als bei Gussstücken, die in Formen hergestellt werden. Gussstücke aus einem wie feuchter Sand erscheinenden Mörtel besitzen eine grosse Dichtigkeit und sind frei von Luftblasen, welche sich sehr leicht beim Vergiessen von dünnflüssiger Masse bilden. Der zum Vermauern bestimmte Mörtel muss eine breiartige Consistenz erhalten, weil die Steine, auch wenn sie vor ihrer Verlegung angenässt werden, aus dem Mörtel noch Wasser aufsaugen. Cemente, welche zur Bereitung eines genügend steifen Breies weniger Wasser erfordern, liefern einen dichteren und festeren Mörtel.

Nach dem Erhärten enthält der Mörtel noch etwa 10% chemisch gebundenes Wasser und besitzt nach Lipowitz ein specifisches Gewicht von 2·60—2·67.

Sand. Der Sand soll scharfkantig und rein, namentlich aber ohne grössere Humus- und Thonbestandtheile und nicht zu fein sein.

Nach Lieven soll eine Beimengung von 4—5% Humus oder Torf zum Sand die Erhärtung des Portlandcementmörtels verhindern. Die Festigkeit des Mörtels ist eine grössere bei Verwendung von grobem, scharfem Sand mit rauher Oberfläche als bei Benutzung von feinkörnigem Sand mit

vorwiegend runden Körnern und glatter Oberfläche; nicht geeignet ist Streusand, bevorzugt wird gemischtkörniger Sand, weil derselbe die wenigsten Hohlräume besitzt. Reiner Quarzsand und Sand mit dichten und harten Kalkkörnern gilt als der beste, nicht so gut ist Sand mit porösen Bestandtheilen (wie z. B. Tuff) oder mit Theilen, die eine blättrige Structur besitzen (wie z. B. Glimmer, Feldspath u. dergl.). Zu Normenprüfungen wird der sogenannte Normalsand (vergl. § 196) verwendet; gut geeignet zur Mörtelbereitung ist grober Flusssand. Es empfiehlt sich, zu Putzarbeiten einen feineren Sand zu nehmen als zum Vermauern. Sind die Sandkörner von einer lehmigen oder thonigen Masse fest umhüllt, so muss der Sand gewaschen (geschlämmt) werden; hierzu benutzt man mit Vortheil die schon früher erwähnte Sandwaschmaschine von Gresly-Ruge, welche z. B. in der »Schweizer Bauzeitung« (1886, Nr. 20) abgebildet und beschrieben ist. Besitzt der Sand jedoch Lehm und Thon in sehr geringer Menge lose beigemischt, so ist eine Reinigung nicht nothwendig, auch nicht einmal erwünscht, weil diese Stoffe die Dichtigkeit und Festigkeit des Mörtels vermehren.

Mörtelmischungen. Guter Portlandcement verträgt einen hohen Sandzusatz, jedoch geht man beim Mörtel, welcher zum Vermauern dienen soll, nicht gern über das vierfache Volumen Sand hinaus, weil mit wachsendem Sandzusatz nicht nur, wie bemerkt, das Abbinden verzögert, sondern auch die Festigkeit und Dichtigkeit des Mörtels vermindert wird. (Siehe die untenstehende Tabelle.)

Um eine gleichmässige Festigkeit der ganzen Mörtelmasse zu erzielen, darf man dem Cement nur so viel Sand beimengen, dass sämmtliche Zwischenräume des Sandes mit Cement ausgefüllt und alle Sandkörner von Cement umhüllt sind. Bei feinem, reingewaschenem Sand kann man die Zwischenräume zu etwa 40% der ganzen Masse annehmen und somit 1 Theil Cement mit $2^1/_2$ Theilen Sand vermischen, ohne befürchten zu müssen, dass einzelne Zwischenräume unausgefüllt bleiben und an diesen Stellen die Festigkeit des Mörtels eine geringere ist.

Prof. Manger empfiehlt folgende Mischungen:

a) 1 Cement und 4 Sand: zu Bankett- und Fundamentmauerwerk im Trockenen oder unter Wasser, sowie für Plinthenmauerwerk einstöckiger Gebäude, ferner zu 1 Stein starken Scheidemauern in mehrstöckigen Gebäuden und endlich zu Hintermauerungen starker Futtermauern.

b) 1 Cement und 3 Sand: zu Bankett- und Fundamentmauerwerk mehrstöckiger Gebäude, zu Kellerwänden, Widerlagspfeilern und Tonnengewölben, deren Pfeilhöhe $^1/_4$—$^1/_5$ der Spannweite beträgt, ferner zu Bogenmittelpfeilern, deren Stärke nicht weniger als $^1/_8$—$^1/_{10}$ der Bogenspannweite misst, zum inneren Wandputz, wenn die Wände Räume umschliessen, die möglichst bald bewohnt werden sollen, und endlich zu Cement-Estrichen.

c) 1 Cement und 2 Sand: zum Vermauern von Steinschichten, die vom Wasser bespült werden, zum Aufmauern von Widerlagern, welche nicht die für Luftmörtel nothwendige Stärke besitzen, zum Wölben von Erdbögen und anderen stark belasteten Bögen, ferner zum Mauern von flachen Gewölben, zum Ziehen und Putzen von Gesimsen, endlich zum Aussenputz von auf der Wetterseite liegenden Wandflächen und von mit Feuchtigkeit durchzogenem Plinthenmauerwerk.

d) 1 Cement und $1^1/_2$—2 Sand: zu Betonschichten in sehr quelligen, pressbaren Fundamentgräben, zum Vermauern von den Einwirkungen des Eisganges ausgesetzten Steinschichten, zur Ausführung schwacher Scheidemauern und schwacher Gewölbemittelpfeiler, zum Wölben schwacher Kappen mit Ziegeln auf flacher Seite, ferner zum Aussenputz von sehr nass liegendem Plinthenmauerwerk, zum Abdecken von Gesimsen und Wasserschlägen, zu Gefässen für allerhand Flüssigkeiten, zum Vermauern der inneren Schichten von Abortgruben und endlich zur Herstellung von allerlei künstlichen Steinen (Dachziegeln, Treppenstufen, Thür- und Fenstereinfassungen, Grabsteinen, Rinnsteinen, Fussboden- und Trottoirplatten u. s. w.).

In dem, im Auftrage des »Vereines deutscher Portlandcement-Fabrikanten« bearbeiteten Werke »Der Portlandcement und seine Anwendungen im Bauwesen« (Berlin 1892) wird als Anhalt für die Mischungsverhältnisse Folgendes (auf S. 61 u. 62) angegeben:

1—2 Theile Sand auf 1 Theil Cement werden nur da angewandt, wo es auf sehr hohe Festigkeit, namentlich nach kurzer Zeit, ankommt und wo man grosse Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung (Ueberzug auf Fussböden u. dergl.) oder Wasserdichtigkeit verlangt.

3—4 Theile Sand auf 1 Theil Cement nimmt man für Mauerwerk, Fundamente, Kunststeine, Betonirungen und ähnliche Arbeiten.

Wo die Festigkeit von fünf und mehr Teilen Sand auf 1 Theil Cement genügt, wendet man am besten Cement-Kalkmörtel an. (Vergl. den nächsten Paragraphen.)

Mörtelbereitung. Die Herstellung von Portlandcementmörtel kann auf zweifache Weise erfolgen: entweder vermischt man den Cement zunächst mit der nothwendigen Wassermenge, setzt dann den Sand hinzu und arbeitet das Ganze, bis es geschmeidig wird, tüchtig durch — oder man mengt den Cement mit dem Sand trocken zusammen und setzt dann unter fleissigem Umrühren das Wasser hinzu. Das letztere Verfahren lässt sich mit Vortheil nur bei vollständig trockenem Sande anwenden.

Auf die Bereitung ist die grösste Sorgfalt anzuwenden, da von ihr die Güte des Portlandcementmörtels wesentlich abhängt. Der benutzte Mörtelkasten ist vor jeder neuen Mischung von allen bereits abgebundenen Mörtelresten zu reinigen, weil durch diese die Festigkeit des neuen Mörtels vermindert werden würde. Um einen recht geschmeidigen, kräftig bindenden und gut erhärtenden Mörtel zu erhalten, ist ein fleissiges Durcharbeiten und Schlagen der Masse nothwendig.

Auch hierbei kann man sich, wie bei der Kalkmörtelbereitung, mit Vortheil Mörtelmischmaschinen (z. B. der von C. Schlickeysen in Berlin, Joh. Schuhmacher in Köln a. Rh., Möller und Blum in Berlin construirten) bedienen. Eine nach Art eines Kollerganges eingerichtete Mörtelmaschine liefert z. B. täglich 50—60 m^3 Mörtel, eine solche nach Art der Thonschneider construirte, z. B. bei einer Betriebskraft von 1—2 Pferdestärken und bei einer Bedienung durch 2—3 Mann täglich 20—30 m^3, ein Mischtrog bei 3 Pferdestärken und 14 Mann Bedienung etwa 80 m^3, bei 5 Pferdestärken und 25 Mann Bedienung etwa 150 m^3 Mörtel, wenn man die Transportweite der einzelnen Rohstoffe zu etwa 50 *m* annimmt.

Ueber die Ausgiebigkeit von Portlandcementmörtel hat Doctor Michaelis die nachfolgende Tabelle zusammengestellt:

Cement Hektoliter	Sand Hektoliter	Wasser Liter	Mörtelmasse Hektoliter	Dichtigkeit
1	1	53	1·67	201·55
1	2	76	2·66	193·05
1	3	107	3·71	189·55
1	4	132	4·71	187·45
1	5	163	5·70	187·40
1	6	194	6·70	187·40
1	7	221	7·71	186·05
1	8	252·5	8·71	186·05
1	9	276·5	9·68	186·05
1	10	300	10·63	186·05

Zur Bereitung von 1 m^3 Mörtel sind erforderlich:

bei einem Mischungsverhältniss von:	Cement kg	Sand l	Wasser l
1 Cement und 1 Sand	933	667	353
1 » » 2 »	622	888	333
1 » » 3 »	467	1000	327
1 » » 4 »	368	1053	329

(Siehe »Der Portlandcement und seine Anwendung im Bauwesen«, S. 64.)

Verschiedenes. Es sei nochmals hervorgehoben, dass Portlandcementmörtel möglichst schnell, jedenfalls aber vor dem Erhärtungsbeginn verarbeitet werden muss. Bindet der Mörtel während der Verarbeitung ab, so werfe man ihn fort, denn durch einen erneuten Wasserzusatz lässt sich derselbe nicht wieder verwendbar machen, weil er niemals so hart wird wie richtig verarbeiteter Mörtel. Man darf daher den Mörtel nur in so grossen Massen herstellen, dass man dieselben leicht verarbeiten kann und kein Rückstand bleibt, weil derselbe verdirbt und unbrauchbar für weitere Verwendung wird. Ist der Mörtel abgebunden, so schütze man ihn — besonders in den Sommermonaten — noch einige Tage lang durch wiederholtes Annässen oder durch Vorhängen nasser Tücher oder nasser Strohmatten gegen zu schnelle Austrocknung.

§ 224. Der Cement-Kalk-Mörtel.

Vorzüge. Ein stark gemagerter Portlandcementmörtel besitzt zwar für manche technische Zwecke noch eine genügende Festigkeit, lässt sich aber nur schwer verarbeiten und haftet am Stein nur wenig. Schon durch einen geringen Zusatz von Fettkalk werden Geschmeidigkeit (Verarbeitungsfähigkeit), Dichtigkeit, Festigkeit und Adhäsionskraft des Portlandcementmörtels mit hohem Sandzusatz vermehrt und die Herstellungskosten vermindert. Ein solcher Cement-Kalk-Mörtel kann selbst bei Frostwetter vermauert werden und erhärtet an der Luft und im Wasser schneller wie Mörtel aus Trass oder hydraulischen Kalken, vor denen er deshalb unbedingt den Vorzug verdient. Unter den Luftmörteln gilt der Cement-Kalk-Mörtel als der beste; er zeichnet sich ferner aus durch schnelle Erhärtungsfähigkeit, grosse Volumenbeständigkeit, Haltbarkeit und hohe hydraulische Eigenschaften.

Festigkeit. R. Dyckerhoff hat mit verschiedenen Cement-Kalk-Mörtelmischungen eingehende Untersuchungen angestellt und über die Festig-

keit und Preise einiger Mischungen die nachfolgende (von uns dem Reinhard'schen »Kalender für Strassenbau-, Wasserbau- und Culturingenieure« entnommene) Tabelle aufgestellt:

Mischung in Gewichtstheilen	Festigkeit nach 28 Tagen in Kilogramm für das Quadratcentimeter				Zu 1 Cubikmeter Mörtel sind erforderlich	Preis in Mark von 1 Cubikmeter Mörtel, wenn 100 Kilogramm Cement 4·0 Mark, 100 Kilogramm hydraulischer Kalk 1·80 Mark und 1 Cubikmeter Sand 2·80 Mark kosten
	4 Wochen im Wasser erhärtet		1 Woche im Wasser, 3 Wochen an der Luft erhärtet			
	Zug	Druck	Zug	Druck		
1 Cement*), 5 Rheinsand, 1/4 hydraulischer Kalk	17·6	160·8	31·4	291·0	285 *kg* Cement, 1425 *kg* (= 1020 *l*) Sand und 71 *kg* Kalkhydrat . .	15·02
1 Cement*), 6 Rheinsand, 1/2 hydraulischer Kalk	17·1	152·0	24·3	226·0	233 *kg* Cement, 1400 *kg* (= 1000 *l*) Sand und 116 *kg* Kalkhydrat . .	13·56
1 Cement*), 8 Rheinsand, 3/4 hydraulischer Kalk	10·7	97·0	16·7	154·0	182 *kg* Cement, 1456 *kg* (= 1040 *l*) Sand und 136 *kg* Kalkhydrat . .	11·92
1 Cement, 10 Rheinsand, 1 hydraulischer Kalk	9·2	67·0	10·8	94·0	148 *kg* Cement, 1480 *kg* (= 1060 *l*) Sand und 148 *kg* Kalkhydrat . .	10·79

*) Der zu diesen Proben benutzte Cement wies 20·8 *kg* Normen-Zugfestigkeit nach 28 Tagen Erhärtung auf.

Ferner ermittelte R. Dyckerhoff die Zugfestigkeit eines Mörtels aus 1 Cement, 1 Kalk, 7 Sand nach 28 Tagen zu 4·1 *kg*, und die eines Mörtels von demselben Sandzusatz, jedoch ohne Kalkzusatz nach derselben Zeit zu nur 3·5 *kg* für das Quadratcentimeter; die Druckfestigkeit der ersteren

Im Allgemeinen kann man annehmen, dass sich die Druckfestigkeit des Cement-Kalk-Mörtels zur Zugfestigkeit nahezu wie 10 : 1 verhält.

Die hohen hydraulischen Eigenschaften des Cement-Kalk-Mörtels sind durch zahlreiche Versuche ermittelt worden; so z. B. hielt sich ein Putz aus einer Mischung von 1 Cement, 1 Kalk und 5—7 Sand und in einer Stärke von 2—3 *cm* selbst unter der Einwirkung von Hochwasser mehrere Jahre, und es vermochte ein Mörtel aus 1 Cement, 1 Kalk und 6 Sand bereits zwei Stunden nach seinem Abbinden dem Wasser zu widerstehen, während ein solcher aus 1 Cement und 6 Sand erst nach zwölf Stunden im Wasser hielt.

Um das Adhäsionsvermögen des Cement-Kalk-Mörtels mit dem des Portlandcementes vergleichen zu können, legte Dyckerhoff zwei Backsteine kreuzweise übereinander, so dass eine 144 cm^2 grosse Kittfläche entstand, und verband die Steine einmal mit einem Mörtel aus 1 Cement, 3 Sand, das andere Mal mit einem Mörtel aus 1 Cement, 5 Sand und drittens mit einem Mörtel aus 1 Cement, 1 Kalk, 7 Sand. Er stellte hierauf die folgenden Tragfähigkeiten bis zur Rissbildung fest:

bei 1 Cement, 3 Sand nach der ersten Woche 64 *kg*, nach drei Wochen 90·5 *kg*;

bei 1 Cement, 5 Sand nach der ersten Woche 18·8 *kg*, nach drei Wochen 28·3 *kg*;

bei 1 Cement, 1 Kalk, 7 Sand nach der ersten Woche 62·2 *kg*, nach drei Wochen 84·7 *kg*.

Hauenschild ermittelte die Tragfähigkeit für eine gleich grosse Kittfläche bei Verwendung eines Mörtels aus 1 Cement, 1 Kalk und 5 Sand zu 110·2 *kg* nach einer Woche und zu 165·3 *kg* nach vier Wochen, ohne dass bei dieser sich stets gleich bleibenden Belastung eine Rissbildung erfolgte; eine Trennung trat erst bei einer Belastung von 169 *kg*, und zwar mitten in der Fuge ein, während sie bei den meisten Proben mit einer Mischung von 1 Cement, 3 Sand schon bei einer Durchschnittsbelastung von 150 *kg* für das Quadratcentimeter nach vier Wochen, und zwar am Backstein und unter Mitnahme einiger Ziegelsplitter erfolgte. (Siehe »Handbuch der Architektur«, I. Theil, Bd. I, S. 163.)

Mörtelmischungen. Für Mauerwerk im trockenen Erdreich oder an der Luft sollen sich die folgenden Mischungen gut bewährt haben:

$^1/_2$ Gewichtstheil Cement, $2^1/_2$ Gewichtstheile Kalkteig oder hydraulischer Kalk, 6—9 Gewichtstheile Sand;

1 Gewichtstheil Cement, 2 Gewichtstheile Kalkteig oder hydraulischer Kalk, 6—9 Gewichtstheile Sand;

$1^1/_2$ Gewichtstheile Cement, $1^1/_2$ Gewichtstheile Kalkteig oder hydraulischer Kalk, 6—9 Gewichtstheile Sand;

2 Gewichtstheile Cement, 1 Gewichtstheil Kalkteig oder hydraulischer Kalk, 6—9 Gewichtstheile Sand.

Als zweckmässigste Mischungen empfiehlt das Werk »Der Portlandcement und seine Anwendungen im Bauwesen« (S. 66) die folgenden:

1 Theil Cement, 5 Theile Sand, $^1/_2$ Theil Kalkteig oder hydraulischer Kalk;

1 Theil Cement, 6—7 Theile Sand, 1 Theil Kalkteig oder hydraulischer Kalk;

1 Theil Cement, 8 Theile Sand, $1^1/_2$ Theile Kalkteig oder hydraulischer Kalk;

1 Theil Cement, 10 Theile Sand, 2 Theile Kalkteig oder hydraulischer Kalk.

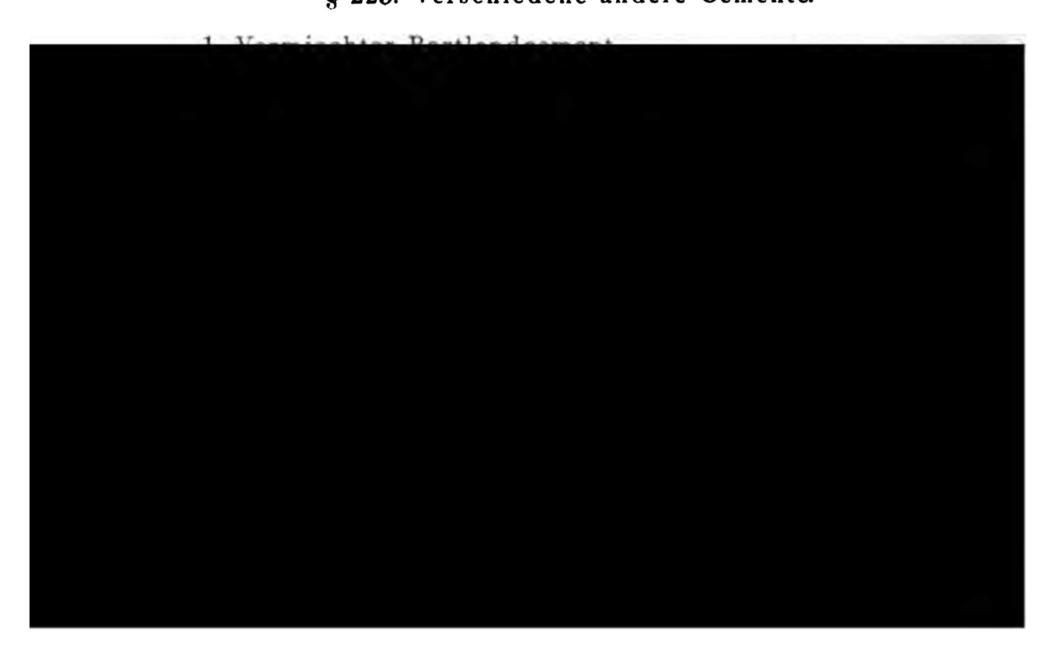
Bei diesen Mischungen ist die Ausbeute, wenn man Cement, Kalkteig und Sand zu 140 *kg* für das Hektoliter annimmt, die folgende:

Mischung in Hektolitern					1 Cubikmeter Mörtel erfordert			
Cement	Sand	Kalkteig	Wasser	Ausbeute	Cement Kilogramm	Sand Liter	Kalk Liter	Wasser Liter
1	5	0·5	1·30	4·90	286	1020	102	265
1	6	1·0	1·35	6·00	233	1000	167	225
1	7	1·0	1·60	6·80	206	1029	147	235
1	8	1·5	1·60	7·80	182	1040	195	205
1	10	2·0	1·70	9·45	148	1055	212	180

Mörtelbereitung. Die Bereitung des Cement-Kalk-Mörtels erfolgt gewöhnlich in der Weise, dass man den Kalkbrei mit Wasser in Kalkmilch verwandelt und in dieselbe unter beständigem Umrühren die vorher fertiggestellte trockene Mischung von Portlandcement und Sand einmengt. Wird statt Kalkbrei Staubhydrat, d. h. zu Pulver gelöschter, gesiebter oder gemahlener hydraulischer Kalk verwendet, so mischt man dieses mit dem Cement und Sand trocken und so innig zusammen, dass ein vollständig gleichmässiges Gemenge entsteht, und setzt dieser Mischung die nothwendige Wassermenge unter fleissigem Umrühren hinzu.

Auch bei diesem Mörtel hängt sehr viel von der Sorgfalt bei seiner Zubereitung ab.

§ 225. Verschiedene andere Cemente.



Cementfabrikation auf's Tiefste schädigen würden und die Zulassung auch nur eines solcher Zusätze einer Verfälschung des Cementes Thür und Thor öffnen müsste; nur solche Beimengungen, welche dem Portlandcemente gewisse Eigenschaften zu verleihen vermögen, wie z. B. Gyps, seien nicht als Verfälschungen anzusehen, wenn sie nicht mehr als höchstens $2^0/_0$ des Gewichtes der Masse betrügen.

Die Conferenz »über einheitliche Untersuchungsmethoden bei der Prüfung von Baustoffen auf ihre mechanischen Eigenschaften« hat sich dieser Ansicht angeschlossen und bestimmt, dass der Name »Portlandcement« nicht geändert zu werden brauche, wenn zur Regelung technisch wichtiger Eigenschaften ein Zusatz fremder Stoffe nur bis zu $2^0/_0$ des Gewichtes stattgefunden habe, dass aber in allen anderen Fällen derartige Bindemittel nach dem Grundstoffe und der Angabe des Zuschlages ausdrücklich als gemischte Cemente zu benennen seien.

Die gemischten Cemente werden häufig als fertige Trockenmörtel, d. h. als im richtigen Verhältnisse gemischte, aus Cement, Zusatz und Sand bestehende Pulver von den Fabriken versandt; diese Pulver brauchen zur Bereitung eines Mörtels nur noch mit der nöthigen Wassermenge angemacht zu werden.

2. Magnesiacement.

Man unterscheidet reinen Magnesiacement oder Sorel'schen Cement und Magnesia-Kalk-Cement.

Der Sorel'sche Cement wird entweder durch Mischen von gebranntem, amorphem Magnesit (natürlich vorkommende kohlensaure Magnesia) und Chlormagnesiumlösung von 20—30° *Bé.* oder dadurch gewonnen, dass man gemahlenen Magnesit mit $10—20^0/_0$ Salzsäure und der nöthigen Wassermenge zu einem plastischen Teig anmacht, aus diesem Ziegel formt, dieselben trocknet, sodann stark brennt und endlich auf das Feinste mahlt. Reiner Magnesiacement zeichnet sich durch eine bedeutende Kittkraft aus, die von keinem anderen Bindemittel übertroffen wird, ferner durch eine grosse Erhärtungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit an der Luft, sowie durch grosse Härte, Festigkeit, Zähigkeit und Dichtigkeit. Weitere Vorzüge sind seine mattweisse Farbe, welche eine beliebige Färbung gestattet, und seine Politurfähigkeit. Als Nachtheile sind anzuführen: Ausschwitzen, Erweichen unter Wasser oder an feuchter Luft und Treiben; letzteres tritt oft erst längere Zeit nach der Erhärtung des Cementes und namentlich bei schlechter Zubereitung desselben ein. Man benutzt den Magnesiacement hauptsächlich zur Herstellung künstlicher Decorationsstücke.

Wird Magnesit vorsichtig gebrannt und mit einem geringen Wasserzusatz versehen, so erhält man einen Cementmörtel, welcher schon nach etwa zwölf Stunden eine Härte und Widerstandskraft gegen Wasser erreicht, die guter Portlandcement besitzt.

Zur Herstellung künstlicher Steine verwendet O. Terpin zu Hannover ein Gemenge von gebranntem Magnesit (mit oder ohne Zusatz von Marmormehl, Sand, Erdfarben und Füllstoffen) und einer aus 64 Theilen gesättigter Chlormagnesiumlösung, 33 Theilen gesättigter Chlorcalciumlösung, 1 Theil Chlorwasser und 2 Theilen Salzsäure bestehenden Flüssigkeit. Nach ihrer Erhärtung wird die Masse in eine aus gleichen Theilen einer gesättigten Chlormagnesium- und Chlorcalciumlösung bestehende Flüssigkeit gelegt, dann

getrocknet und schliesslich mit Paraffinöl (oder anderen Oelen) getränkt, beziehungsweise tüchtig abgerieben.

Magnesiacement mit Fettkalk vermischt (Magnesia-Kalk-Cement) wird an Stelle des hydraulischen Kalkes und, weil er einen hohen Sandzusatz ohne wesentliche Einbusse an Adhäsionskraft vertragen kann, auch als magerer Luftmörtel verwendet.

3. Medinacement (Dolomitcement, Weisscement).

Dolomite, d. h. natürliche Gemenge von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia, oder dolomitische Mergel, bestehend aus kohlensaurem Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Thonerde, Kieselsäure u. s. w., oder Zechsteindolomit, bestehend aus kohlensaurem Kalk, kohlensaurer Magnesia und Thon, liefern gebrannt und fein gemahlen ein hydraulisches Bindemittel von grosser Wohlfeilheit. Die Brenntemperatur wählt man bei Dolomiten, welche wenig Thonerde und Kieselsäure besitzen, am besten unter 400° *C.*, damit nur die Magnesia die Kohlensäure verliert und dadurch hydraulisch wird, der krystallinische Kalk sie jedoch behält und nur in amorphen Kalk verwandelt wird. Besitzen die Dolomite dagegen einen hohen Gehalt an Thonerde und Kieselsäure, so kann man sie auch bis zur Sinterung oder bis zur vollständigen Aetzkalkbildung brennen; es verliert alsdann die todtgebrannte Magnesia zwar die Fähigkeit, unter Wasser zu erhärten, jedoch bildet sich bei Wasserzusatz Kieselsäurehydrat, welches sich mit der Magnesia verbindet. Ein solcher Dolomitcement besitzt nur geringe hydraulische Eigenschaften und wird deshalb hauptsächlich als magerer Luftmörtel verwendet.

Medinacement besitzt eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkungen von Seewasser als Portlandcement und kann, ohne seine Kittkraft einzubüssen, mit der sechsfachen Sandmenge vermengt werden. Er erfordert zur Herstellung eines steifen Teiges etwa 50 Gewichtsprocente Wasser. Man benutzt ihn hauptsächlich in England und Frankreich, und zwar zu Hafen- und Schutzdämmen am Meere, auch zur Bereitung von Beton.

Der Medinacement von Francis Brothers in London besteht nach Manger aus: 45·73% Kalkerde, 5·28% Magnesia, 9·74% Thonerde, 16·81% Kieselsäure, 8·67% Eisenoxyd, 1·55% Kali, 0·52% Natron, 5·43% Kohlensäure, 4·31% Mangan, Phosphor, Schwefelspuren und 1·43% Wasser.

Nach Glasenapp lassen sich aus einer Mischung von 100 Theilen feingemahlenem, durch Brennen kohlensäurefrei gemachtem Dolomit und 70 Theilen Wasser Abgüsse erzielen, welche besser sind als Gypsabgüsse.

4. Bitumelith.

Ein Gemenge aus Magnesiacement und Asphaltpulver, das wegen der Gefahr des Treibens nur mit Vorsicht zu verwenden ist.

5. Albolith von Riemann in Breslau.

Zerkleinerter Magnesit wird gebrannt, fein gemahlen und gesiebt, hierauf mit einer entsprechenden Menge amorpher Kieselsäure vermischt und endlich mit Wasser zu einer breiartigen Masse angemacht. Diese wie Gypsmörtel aussehende Masse eignet sich besonders zur Herstellung von Ornamenten, die im Inneren der Gebäude angebracht werden.

Wird Albolith mit einer stark gesättigten Lösung von Chlormagnesium und Wasserglas vermischt, so erhält man eine sehr harte und widerstandsfähige Masse, die namentlich zur Anfertigung von Gussstücken empfohlen

werden kann, weil sie die Formen sehr scharf ausfüllt. Aus solcher Masse wurden bereits Säulencapitäle, ornamentirte Friese, Tisch- und Fussbodenplatten, auch Billardbälle u. s. w. hergestellt. Man kann sie auch zu Ueberzügen von Gypsgegenständen verwenden, um diesen eine möglichst harte Oberfläche zu geben, ferner zu Anstrichen von Stein und Holz, um letztere wasserdicht zu machen, auch zum Verkitten von Fässern, zur Ausbesserung schadhafter Stellen an natürlichen Steinen u. s. w.

6. Scott'scher Cement (Selenitmörtel).

Man gewinnt den Scott'schen Cement oder Selenitmörtel entweder dadurch, dass man die Dämpfe von brennendem Schwefel auf gebrannten glühenden Kalk einwirken lässt oder, nach Fr. Schott, einfacher durch Zusammenschmelzen von Aetzkalk mit gebranntem schwefelsaurem Calcium (z. B. mit Gyps oder mit gut verwitterten, sich beim Auslaugen der Soda ergebenden Rückständen) oder endlich dadurch, dass man gebrannten Kalk mit Gypswasser (d. h. Wasser mit 2—3% Gyps) ablöscht.

Derartig gelöschter Kalk vermag mindestens die doppelte Sandmenge zu binden wie gewöhnlicher Fettkalk.

Selenitmörtel besitzt eine grössere Festigkeit und Härte als gewöhnlicher Kalkmörtel; er bindet in etwa zwölf Stunden ab und erlangt bei Wassererhärtung die Härte eines mittelguten hydraulischen Kalkmörtels.

Nach Landrin erhält man einen guten Cement durch Brennen eines natürlichen, kohlensauren Kalk besitzenden Gypssteines. Je grösser der Kalkgehalt dieses Steines ist, desto grösser muss auch die Brenntemperatur gewählt werden und sie muss eine so hohe sein, dass etwa 10% Kalk in Aetzkalk umgewandelt werden.

Gute hydraulische Massen soll man auch durch innige und gleichmässige Mischungen von 75% Kalk und 25% Gyps erhalten, wenn sie bei Weissgluth gebrannt werden. Diese Cemente dürfen nicht mit einer zu grossen Wassermenge angemacht werden und müssen nach ihrem Abbinden durch Einlegen in Wasser oder besser durch längeres Feuchthalten zum Erhärten gebracht werden. Legt man den abgebundenen Mörtel in ein Wasserbad, so versäume man nicht, ihn rechtzeitig — nämlich wenn er seine volle Erhärtung erreicht hat — wieder herauszunehmen, weil ein längeres Verbleiben im Wasser für den Mörtel nachtheilig ist. (Vergl. F. Neumann, »Kalk, Gyps, Cement«, Weimar 1886, 5. Auflage, S. 185.)

Die aus Gyps und Kalk gewonnenen Cemente eignen sich recht gut zur Herstellung von Stucksachen wegen ihrer Festigkeit, Politurfähigkeit und leichten Färbung, auch zu Ueberzügen von Gypsgegenständen, um denselben eine harte Oberfläche zu geben. Derartige Ueberzüge werden nur dünn, etwa 2 *mm* stark, aufgetragen; sie haften am Gyps sehr fest und blättern niemals ab.

7. Ransome's Cement.

Gut geschlämmter, gemahlener und mit einer bestimmten Menge Kaolin, sowie mit oder ohne Farbstoff (Ocker, Eisenoxyd u. s. w.) vermischter Thon wird in Retorten gebrannt, um eine unmittelbare Einwirkung der Verbrennungsproducte auf die Masse zu verhüten. Mit Wasser angemacht, nimmt die gebrannte Masse schon nach wenigen Stunden eine grosse Härte an und wird dem Marmor sehr ähnlich. Eine Verbesserung soll man durch Beimischung von löslicher Kieselerde erhalten; empfohlen wird ein Gemenge aus 60 Theilen Kalk, 12 Theilen Thonerde und 22 Theilen Kieselerde.

Auch eine bei mässiger Hitze gebrannte Mischung von gleichen Theilen granulirter, gemahlener Hochofenschlacke und pulverisirter Kreide oder von 1 Theil Kreide und 2 Theilen Schlacke liefert einen sehr billigen, für manche technische Zwecke vollkommen genügenden, schneller wie Portlandcement erhärtenden Cement von gelblichweisser Farbe.

8. Kiseritcement.

Ein aus Kiserit (schwefelsaurer Magnesia), Kalkhydrat und Wasser gebildetes Gemenge wird nach seiner Erhärtung sehr stark geglüht und dann pulverisirt. Kiseritcement bildet, mit Wasser angemacht, eine zur Herstellung von künstlichen Steinen (Ornamenten, Platten u. s. w.), die im Inneren der Gebäude Verwendung finden sollen, recht geeignete und marmorähnliche Masse, die bis zu einem gewissen Grade der Nässe widersteht.

(Kiseritt tritt in grossen Massen zu Stassfurt als Abfall auf und liefert demgemäss einen sehr billigen Rohstoff.)

9. Keene's Cement (siehe § 208).

10. Parian-Cement (siehe § 208).

11. Loriot'scher Cement.

Dieser Cement besteht aus einem Gemenge von 1 Theil Ziegelmehl, 2 Theilen reinem Sand und so viel gelöschtem Kalk, wie zur Bereitung eines gewöhnlichen Kalkmörtels erforderlich ist.

12. Lowitz'scher Cement.

Ein Gemenge aus 65 Theilen Kreide, 34 Theilen Colophonium und 1 Theil Terpentinöl wird geschmolzen und dann mit 8 Theilen Steinkohlentheer und 200 Theilen Sand vermischt. Mit Wasser angemacht, giebt diese Masse einen sehr hart werdenden Mörtel, der namentlich zum Ueberziehen von Stein und Holz verwendbar ist, um dieselben wetterfest zu machen.

13. Weisser Cement von O. Fahnejelm.

Es werden 75 Theile geschlämmte reine Kreide mit 25 Theilen geschlämmtem Kaolin vermischt, dann wird die Masse bei Rothgluth gebrannt, gemahlen und gesiebt. Man fertigt aus ihr künstliche Steine (namentlich

17. Asbestcement (Asbestkitt).

Unter der Bezeichnung »Asbestcement Kühlewein« wird ein durchaus feuerfester, rauchsicherer, wetterbeständiger, schalldämpfender, sehr schlecht wärmeleitender Baustoff von Ingenieur A. Kühlewein in Berlin, beziehungsweise von H. J. N. Kröger in Hamburg, in Platten von 1·5 *cm* Stärke an oder in Pulverform in den Handel gebracht, aus welchem sich nagelfähige, zu hobelnde, zu sägende und zu schneidende Constructionstheile, wie Decken und Fussböden, Thüren u. s. w. herstellen lassen, und der sich auch zu Transmissionsschächten, Kisten und Schränken für Geld und Acten, Bekleidungen von Heizungs- und Lüftungsanlagen, Treppenuntersichten, Ummantelungen von Säulen und Trägern u. s. w. gut eignet. Thüren und Wände von 2—3·5 *cm* Dicke und Bekleidungen von 1·5 *cm* Dicke vermögen selbst einem andauernden Feuer einen grossen Widerstand entgegenzusetzen, ohne an Festigkeit wesentlich einzubüssen, wie verschiedene Brennproben (z. B. bei der Altonaer Feuerwehr) bewiesen haben.

Einen Asbestkitt (auch Asbestcement genannt) erhält man aus einem Gemenge von Asbestfasern und gemahlener Mennige, das mit wenig Leinöl zu einem sehr dickflüssigen Teig angemacht und durch Stossen in einem Mörser oder durch Schlagen tüchtig durchgearbeitet wird. Seine Güte wächst mit der Sorgfalt der Bereitung und der Abnahme des Oelzusatzes. Dieser Kitt dient vorzugsweise zu Dichtungen (z. B. von Gasretorten)

18. Cement aus Infusorienerde.

Nach H. Krätzer (»Wasserglas und Infusorienerde«) werden 25 Theile eisenfreie Infusorienerde und 75 Theile Kreide mit einer Lösung von 2·5 Theilen Soda oder Pottasche angemacht, zu Ziegeln geformt, getrocknet, in Weissgluth gebrannt und gemahlen.

19. Cement aus Asbest-Kieselguhr von der Mannheimer Gummi-, Guttapercha- und Asbest-Fabrik.

Zu Ummantelungen von gusseisernen Säulen u. dergl. haben sich bei den von der Hamburger Baubehörde mit verschiedenen feuersicheren Stoffen vorgenommenen Untersuchungen Asbestmatten mit einer Einlage aus 75% Asbest und 25% calcinirtem Kieselguhr weitaus am besten bewährt. (Siehe »Deutsche Bauzeitung«, 1897, Nr. 39.)

20. Terranova von C. A. Kapferer & Schleuning in Freihung (bayerische Oberpfalz).

Ein pulverförmiger Baustoff zur Mörtelbereitung für wetterfeste Putz- und Zieharbeiten, Spritz- (Besen-) Bewurf, Nachahmungen von Quader- und Ziegelverblendungen und Estrichen für Linoleumbelag; er ist in drei verschiedenen Ziegelfarben und vier verschiedenen Sandsteinfarben erhältlich und besitzt ein hydraulisches Bindemittel. Zur Herstellung eines guten Flächenputzes wird zunächst ein Untergrund aus gutem Kalkmörtel oder aus einem Gemenge von 1 Theil Terranova und etwa 2 Theilen scharfem Sand hergestellt, derselbe ausgetrocknet, dann stark mit Wasser benetzt und mit einer Mischung aus reiner Terranova und wenig Wasser etwa 3 *mm* (bei Nachahmungen von Verblendungen der Fugentiefe wegen mindestens 5 *mm*) hoch bedeckt, die mittelst angefeuchteter Holz- oder Filzscheiben verrieben wird. Zu Gesimsen, Quaderputz u. s. w. benutzt man ein Gemenge aus etwa 3 Theilen Terranova, 3—4 Theilen Sand und wenig Wasser, dem des besseren Abbindens wegen 1 Theil sogenanntes Zugapplicat (eine rasch

bindende Kalkverbindung) zugesetzt wird. Beim vorletzten Zug wird eine sandfreie, beim letzten eine Mischung aus reiner Terranova und Wasser (ohne Zugapplicat) verwendet. — Terranova-Arbeiten sollen nicht ausblühen, mit reinem (kaltem oder warmem) Wasser abwaschbar sein, von aussen nach innen nachhärten und allmälig fast cementhart werden, sehr fest am Untergrunde haften (nicht jedoch auf einem Cementputz), frostbeständig sein und ihre Farbe im Laufe der Zeit nicht verändern, so dass ein späterer Anstrich entbehrt werden kann.

Verwendungen der hydraulischen Bindemittel.

§ 226. Portlandcementmörtel zum Vermauern und Verputzen.

Die mit Portlandcementmörtel zu vermauernden Steine müssen sorgfältig von Staub und allem Schmutz befreit werden. Staubfrei erhält man die Steine durch Eintauchen in Wasser; von etwaigen Mörtelresten und Schmutz befreit man sie durch Behandlung mit einer schwachen Salzsäurelösung. Je schlechter die Backsteine gebrannt sind, desto schwächer muss diese Lösung gewählt werden; in den meisten Fällen wird eine Mischung aus 1 Theil Salzsäure und 100 Theilen Wasser verwendet, auch bei natürlichen Steinen. Die Steine sind nach beendigter Reinigung sorgfältig mit reinem Wasser wieder abzuwaschen, weil sie durch Salzsäure stets angegriffen werden. Bei Verwendung von natürlichen Steinen sind weiche und mürbe, bei Benutzung von Backsteinen schlecht gebrannte, wenig wetterbeständige und Auswitterungen veranlassende Steine auszuschliessen.

Die Steine müssen tüchtig angenässt werden (am besten durch Eintauchen in Wasser), damit dem Mörtel nicht die zu seiner Erhärtung nothwendige Wassermenge durch Absaugen entzogen wird.

Sofern die Mauern Wasserdichtigkeit besitzen sollen, verwendet man einen fetteren, also dichter werdenden Mörtel und trägt denselben in dickerer Schicht auf, auch magert man ihn mit Feinsand und setzt ihm etwas Kalk, und zwar am besten hydraulischen Kalk, zu. Nach R. Dycker-

Aus natürlichen Steinen bestehende oder künstlich hergestellte und gebrannte, namentlich hellfarbige Platten und Fliesen soll man nicht mit Portlandcementmörtel, sondern mit hellfarbigem hydraulischen Kalkmörtel fugen, weil ersterer schmutzige Ränder an den Steinen erzeugt, indem seine Alkalien in die Gesteinsmasse übergehen. Dagegen empfiehlt es sich, solche Platten auf einer Cementgussdecke zu verlegen.

Backsteinmauern, welche in Kalkmörtel aufgeführt werden, sind zweckmässig mit einem verlängerten Cementmörtel (Kalkmörtel mit geringem Cementzusatz) auszufugen; würde man hierzu Portlandcementmörtel benutzen, so würden sich ebenfalls auf den Steinen schmutzige Ränder bilden, ferner würden durch Rissigwerden des Cementmörtels leicht die Kanten der Steine abgesprengt werden, und endlich würde wegen der grossen Dichtigkeit dieses Mörtels die Luft zu dem im Innern des Mauerwerkes sich befindenden Kalkmörtel nicht gelangen können, so dass letzterer nur unvollständig erhärten oder seine volle Härte erst nach sehr langer Zeit erreichen würde. Ganz verkehrt würde es sein, zum Ausfugen reinen Portlandcementmörtel zu nehmen, weil derselbe im Freien sehr rissig wird und keine Haltbarkeit besitzt.

Sind die Fugen von Quadern u. dgl. zu vergiessen, so darf man hierzu keinen dünnflüssigen Cementmörtel verwenden, weil bei diesem leicht ein Entmischen eintritt; hierauf wurde bereits beim Schlackencement hingewiesen (vergl. § 218). Wie zu verfahren ist, wenn Cementmörtel bei Frostwetter vermauert werden muss, ist schon im § 222 angegeben worden.

Bei Verwendung des Portlandcementmörtels zu Putzarbeiten hat man dasselbe zu beachten, was über die Reinheit der Steine und ihr Annässen oben bemerkt wurde; auf schmutzigen, wasserabsaugenden, frostunbeständigen und auswitternden Steinflächen besitzt Cementputz keine Dauerhaftigkeit und wird leicht rissig. Bevor man den Putz aufbringt, sind auch alte Mörtelfugen — etwa 1·5 *cm* tief — auszukratzen.

Reiner Portlandcementmörtel kann auch zu Putzarbeiten nicht verwendet werden, weil er seines Schwindens wegen Haarrisse bekommt. Da mit zunehmendem Sandzusatz sich die Gefahr des Rissigwerdens der Ueberzüge vermindert, so empfiehlt sich die Verwendung eines möglichst mageren Mörtels, dem zur Erhöhung der Verarbeitungsfähigkeit und Geschwindigkeit etwas Fettkalk hin zuzusetzen ist.

Wenn ein aus gutem Portlandcementmörtel ausgeführter Putz nicht an der Steinfläche haften bleibt, sondern nach einiger Zeit abblättert oder blasig und buckelig wird, so ist anzunehmen, dass der Putz nicht richtig hergestellt worden oder zu schnell ausgetrocknet ist. Gegen einen derartigen Schaden schützt man sich, wenn man den 1—2·5 *cm* (meistens 13—15 *mm*) dicken Cementputz sogleich in seiner ganzen Stärke aufträgt oder, wenn dies aus irgend einem Grunde nicht thunlich ist, die zweite Schicht aufbringt, so lange die erste noch nass ist, wenn man ferner den Putz nicht stark reibt, und namentlich nicht mit der Stahlkelle anhaltend glättet, sondern ihn nur glatt verstreicht oder mit der Filzscheibe abreibt, und endlich, wenn man den Putz nach seiner Fertigstellung noch etwa acht Tage lang gegen grössere Wärmeeinwirkung, besonders gegen unmittelbare Bestrahlung der Sonne und gegen Zugluft — also gegen zu schnelles Austrocknen — in der bereits angegebenen Weise schützt. Letzteres ist namentlich in den Sommermonaten dringend nothwendig, während man das Feuchthalten im Frühjahr und Herbst bei

kühler und feuchter Witterung gewöhnlich unterlassen kann; es empfiehlt sich deshalb, Cementputzarbeiten möglichst nicht im Sommer auszuführen.

Besteht der Cementputz aus mehreren dünnen Schichten und die äusserste Schicht aus einem fetteren Mörtel, so entstehen häufig Risse und Abblätterungen.

Innenwände in Wohnhäusern sollte man nicht mit Cementmörtel verputzen wegen der oftmals eintretenden Auswitterungen, wegen des schlechten Haftens der Tapeten auf Cementputz und wegen der Schwierigkeit, letzteren zu bemalen.

Gegen aufsteigende Feuchtigkeit ist die Mauer durch eine gute Isolirung zu schützen, weil die Nässe im Winter ein Gefrieren und Absprengen des Cementes veranlasst. Mehr noch als der glatte Wandputz sind die aus Portlandcementmörtel gezogenen Gesimse gegen zu schnelle Austrocknung zu schützen; dies geschieht am besten durch Bedecken der Gesimse mit feucht zu erhaltendem Lehm; auch empfiehlt es sich, zum Gesimseziehen Cementkalkmörtel (aus 1 Cement, 1 Kalk und 4—5 Sand) zu verwenden.

Nach R. Dyckerhoff kann man auch Lehm- und Erdstampfwände mit einem Cementputz ausstatten; er empfiehlt hierzu einen Mörtel aus 1 Cement, 4 Sand. Sind die Wände aus Lehmsteinen (Luftziegeln) aufgeführt, so sind vor dem Aufbringen des Putzes die Fugen 1·5 *cm* tief auszukratzen; bestehen die Wände aber aus Stampfwerk, so sind zum besseren Haften des Putzes fugenartige Vertiefungen in der Masse herzustellen.

Zu beachten ist schliesslich, dass Blei und Zink, wenn sie sich mit Cement unmittelbar berühren, zerstört werden; das Blei wird in pulverförmiges Bleioxyd verwandelt, während das Zink durch die Einwirkung des Cements löcherig wird. Es sind daher Bleirohre für Wasserleitungen und Zinktafeln für Gesimsabdeckungen durch mehrere Lagen Papier, beziehungsweise Filz oder Dachpappe, vom Cement zu trennen.

Eine derartige Zwischenlage ist bei Zink und Cement auch wegen der sehr verschiedenen Ausdehnung beider Stoffe bei Temperaturwechsel nothwendig.

Ueber den Anstrich von Cementflächen mit Oelfarbe ist im § 259 das Erforderliche mitgetheilt worden; ergänzend sei hier noch erwähnt, dass man zu vorläufigen Anstrichen auf frischem Cement Wasserfarben (z. B. Kalk, Kreide, Milch, Ocker u. s. w.) nehmen kann. Für stereochrome Bemalung des Cementes haben Dr. G. v. Koch und Dr. Adami in Darmstadt ein Verfahren erfunden und sich patentiren lassen, durch welches man unbedingt wetterfeste Anstriche erhält. Dieses Verfahren dient hauptsächlich zum Bemalen von in Formen hergestellten Gussstücken aus Cementmörtel, lässt sich aber auch mit Erfolg auf Cementputzflächen ausführen, weswegen es an dieser Stelle kurz besprochen werden soll. Die Form für das Gussstück wird mit einer Mischung von 30—50 Gewichtsprocenten reinem Sand und 70—50 Gewichtsprocenten fein gemahlenem Bimssteinsand 2—3 *mm* dick ausgestrichen und dann in sie die Cementmörtelmasse eingegossen. Nachdem das Gussstück getrocknet ist, wird es mit einer verdünnten Salzsäurelösung abgewaschen und darauf mit einer Wasserglaslösung getränkt. Hierauf erfolgt die Bemalung, und zwar am besten mit Mineralfarben, welche schliesslich durch eine Wasserglaslösung fixirt werden. Da misslungene Stellen sich leicht wieder beseitigen lassen und neu gemalt

werden können, so lässt sich durch dieses Verfahren eine tadellose Decorirung des Gussstückes erzielen.

Man kann frischen Cementputz sofort mit dauerhaftem Oelfarbenanstrich versehen, wenn man ihn mit Kessler'schem Fluociment, einem scharf saurem Fluat, beizt; hierdurch wird gleichzeitig die Erhärtung befördert.

§ 227. Herstellung von Estrichen, Platten und Fliesen.

1. Cement-Estrich. Derselbe eignet sich wegen seiner Härte und Widerstandsfähigkeit besonders für stark begangene Fussböden, wegen seiner Wasserdichtigkeit für Waschküchen, Badezimmer und andere Räume, die der Nässe ausgesetzt sind, und wegen seiner Feuerbeständigkeit und seines Schutzes gegen Ungeziefer für Küchen u. s. w. Cement-Estrich ist billiger wie Asphalt-Estrich und schneller als dieser herstellbar. Er ist zum Schutze gegen Rissbildungen auf einer möglichst festen, unwandelbaren Unterlage (z. B. auf einem Backsteinpflaster oder einer 6—10 *cm* hohen Betonschicht aus 1 Cement, 6 Kiessand und 8 Schotter) zu verlegen. Wird ein Cement-Estrich unmittelbar auf einer Holzbalkendecke hergestellt, so hat er keine Haltbarkeit; die grosse Elasticität der Balken erzeugt Risse in der Cementdecke.

Man kann die letztere dadurch schützen, dass man auf die Balken Bretter nagelt, deren Fugen mit Lehm dichtet und auf die Bretter als Unterlage für die Cementdecke eine Kies- oder Sandschicht aufbringt und einebnet.

Gewöhnlich verwendet man zu diesen Estrichen eine Mischung aus 1 Theil gutem, langsam bindendem Portlandcement und $1—1^1/_2$ Theilen scharfem Sand oder feinem Kies. Der Wasserzusatz ist auf das Nothwendigste zu beschränken. Die Dicke des Estriches wählt man meistens 1·5—2·5 *cm*. Nachdem der Mörtel auf der Unterlage ausgebreitet ist, wird seine Oberfläche entweder abgewalzt oder mittelst Glätteisen mässig abgerieben und nach dem Abbinden des Cementes mit einer etwa 10 *cm* hohen Sandschicht bedeckt, welche von Zeit zu Zeit anzunässen und etwa 8 Tage lang auf dem Estrich zu belassen ist; nach Fortnahme der Sanddecke kann dann der Estrich sofort in Benutzung genommen werden.

Der Estrich wird entweder aus einer einzigen, zusammenhängenden Decke gebildet, oder man fertigt ihn aus einzelnen, quadratischen, etwa 0·4 m^2 grossen Stücken, die nach dem Vorschlage von Schillinger durch eine elastische Zwischenlage (z. B. durch dicke Theerpappe oder 7—8 *mm* dicke Weichholzstäbchen) getrennt werden, damit sich die einzelnen Theile der Decke bei Temperaturwechsel ausdehnen, beziehungsweise zusammenziehen können, ohne Schwindrisse zu erhalten.

Auch wird der Cementfussboden häufig gerippt hergestellt; zur Anfertigung dieser Rippen hat O. Willner in Offenbach a. M. ein eigenes Werkzeug erfunden.

Als besondere Arten sind zu erwähnen:

a) Der französische Estrich. Er wird aus drei Lagen hergestellt, nämlich aus einer unteren, aus einer Mischung von Hartsteinen, Kalkmörtel Hammerschlag und Eisenschlacken, einer mittleren aus einem Gemenge von Kalkmörtel (aus 2 Theilen Kalk und 1 Theil Sand) mit Kiesel- und Bruchsteinen, und einer oberen aus einer Mischung von gleichen Theilen Cement, Kalk und gemahlenem Marmor.

b) Der Trass-Estrich. Er besteht aus einer Mischung von 8 Theilen Trass, 3 Theilen Kalk und 6 Theilen Kohlenasche, die in einer Stärke von 25 *cm* aufgetragen und durch Stampfen bis auf 15 *cm* Höhe zusammengepresst wird; auf die Oberfläche werden Eisenfeilspäne und Kalkstaub gestreut.

2. Terrazzo (italienischer oder venetianischer Estrich.) Für Hausflure, Gänge, Küchen, Badezimmer, Veranden, Balkone u. s. w. bildet Terrazzo wegen seiner grossen Dauerhaftigkeit, seines guten Aussehens und seiner Wohlfeilheit im Verhältniss zu anderen, gleich guten Belägen einen ausgezeichneten Fussbodenbelag. Er wird gewöhnlich auf einer Stampfbeton-Unterlage von 5—6 *cm* Dicke und aus farbigen Steinstückchen und langsam bindendem Cement meistens in folgender Weise hergestellt. Auf die Betonschicht (bei unwandelbarem Boden auch auf ein flachseitiges Backsteinpflaster) wird der Cementmörtel aufgetragen und eingeebnet, dann werden in die noch weiche Masse Stücke aus Jaspis, Basalt, Serpentin, Marmor, Porphyr, Granit, Syenit und anderen Natursteinen, auch aus gebranntem Thon, Porzellan, Glas u. s. w., welche oben 5—12 *mm* und unten eine etwas geringere Seitenlänge besitzen, mittelst einer Handramme vorsichtig eingedrückt oder auch eingewalzt, und es wird hierauf die Masse mit einem knieförmigen Schlägel festgeklopft. Nachdem die Masse vollständig erhärtet ist, was in der Regel nach 10—12 Tagen der Fall zu sein pflegt, wird ihre Oberfläche zuerst mit einem gröberen, dann mit einem feineren Sandstein und zuletzt mit Bimsstein geschliffen, wobei die abgeschliffene Masse von Zeit zu Zeit abzuwaschen ist, nach vollendetem Schliff mit einer beliebigen flüssigen Farbe bestrichen, mittelst der Polirkelle glänzend gemacht und endlich mit sehr heissem Leinöl ein- oder zweimal getränkt und polirt. Diese Tränkung ist von Zeit zu Zeit zur Verhütung eines »Stumpfwerdens« des Terrazzo zu erneuern.

Werden die Marmor- u. s. w. Stückchen in den weichen Cementmörtel nach einem bestimmten Muster eingesetzt, so erhält man den sogenannten »Mosaikterrazzo«, einen durch ein besonders schönes Aussehen sich auszeichnenden Fussbodenbelag.

Ein anderes Verfahren besteht darin, dass man Cementmörtel färbt und farbige Steinstückchen einstreut oder einsetzt, wobei man sich ebenfalls entsprechender Formen bedient und die Masse durch Schlagen oder Pressen dichtet. Nach einem dritten Verfahren werden entweder farbige, auf einer Maschine in gleicher Grösse geschnittene Cementmörtelwürfel oder solche aus gebranntem Thon, aus Porzellan, Marmor, Glas u. s. w. mit Hilfe von Schablonen oder Cartons in eine gefärbte oder auch ungefärbte Cementmörtelunterlage eingedrückt, und zwar entweder so dicht, dass die ganze Unterlage bedeckt ist, oder mit kleinen Zwischenräumen, so dass die Mörtelmasse die einzelnen Würfel trennt. Die Plattengrösse beträgt 2·5—5 *cm*; die Grundfläche bei den viereckigen Fliesen meistens 30×30 oder 40×40 *cm*. Die Form der Fliesen ist das Quadrat, Sechseck oder Achteck. Es sei noch bemerkt, dass Mosaikfliesen weder geschliffen noch polirt werden.

4. Cementplatten. Dieselben eignen sich nicht nur zur Herstellung von Keller- u. s. w. Fussböden, sondern auch zum Belegen von Fusswegen und werden zu diesem Zweck in neuerer Zeit in den Städten an Stelle der Platten aus natürlichen Steinen, der Klinkerpflasterungen und Asphaltbeläge viel benutzt. Man fertigt sie an ihrer Oberfläche aus einer Mischung von 1 Theil Cement und 1 Theil Sand, um sie möglichst widerstandsfähig gegen Abnutzung zu machen, im Uebrigen aber aus einer Mischung von 1 Theil Cement und 4—8 Theilen Sand.

Der Cement muss langsam bindend, der Sand grobkörnig und scharfkantig sein. An Stelle des Sandes kann man auch eine Mischung von nicht zu grobkörnigem, gesiebtem und am besten gewaschenem Kies und grobkörnigem, scharfem Sand verwenden. Das Gemenge wird mit wenig Wasser zu einer wie feuchte Erde erscheinenden Masse angemacht und diese in Formkästen gebracht, welche auf einer mit Sand bestreuten Sandsteinplatte oder, wenn es sich um die Herstellung sehr feiner Platten handelt, auf einer mit Oel eingefetteten, geschliffenen Spiegelglasplatte ruht. Die Formen sind meistens viereckig und besitzen eine Innenfläche von 20—80 *cm* Seitenlänge; sie werden am besten aus Eisen gefertigt und zerlegbar eingerichtet.

Formapparate von bewährter Construction liefert die Maschinenfabrik von C. Schlickeysen in Berlin. Diese Apparate bestehen aus einer Grundplatte mit Mittelstück und rundem Aufsatz darauf, einem Streichrahmen mit 2 Handgriffen, einer starken Bodenplatte mit 4 Ausschnitten, zwei Bodenblechen und einem Abstrichstahle. Sollen die Cementplatten nicht mit der Hand geformt, sondern gepresst werden, so kommt noch zur Ausrüstung der Apparate ein in den Streichrahmen passender Pressdeckel hinzu. Die stärkere Bodenplatte mit den Ausschnitten dient zum Schutze des Bodenbleches gegen starken Druck und um letzteres von unten abheben zu können, ohne die untere stärkere Platte berühren zu müssen. Figur 396 stellt diese Formapparate dar, und zwar in den aufeinanderfolgenden drei Stadien der Platten-Fabrikation.*)

I. Vor Beginn der Arbeit: Der Streichrahmen ruht auf dem Fuss des Apparates.

II. Der Streichrahmen ist auf das Mittelstück des Apparates gehoben und um $^1/_8$ Kreis gedreht, bereit die Bodenbleche in sich aufzunehmen, um in dem dadurch entstehenden Formkasten eine Platte zu formen.

---

*) Aus der vom Fabrikanten versandten Beschreibung.

III. Die Platte ist fertig gestrichen und mit dem Streichrahmen und Bodenblech soweit gedreht, dass ersterer wieder auf den Fuss herabgezogen werden konnte, so dass nur das obere vollkantige Bodenblech mit der fertiggestellten Platte auf dem runden Aufsatze zum Abheben bereit liegt.

Die in die Formen gebrachte Masse wird durch Schlagen oder schwaches Stampfen gedichtet; letzteres empfiehlt sich bei Platten von 5 und mehr Centimeter Dicke. Auch kann man zur Verdichtung der Masse hydraulische oder Spindelpressen benutzen, doch beachte man wohl, dass ein zu starker Druck nachtheilig ist, und dass man nicht etwa durch eine beliebige Steigerung des Druckes eine beliebige grössere Festigkeit der Cementmasse erreichen kann, weil sich diese plastische Masse nur bis zum Eintritt ihrer grössten Dichtigkeit, jedoch nicht weiter zusammenpressen lässt. Empfohlen wird die in Figur 397 abgebildete, ebenfalls von C. Schlickeysen gebaute Spindelpresse; auch die in § 89 beschriebenen Pressen sind zur Herstellung der Platten gut geeignet.

Die Platten werden glatt, geriffelt oder gerippt, und in allen möglichen Farbentönen, auch mit Inschriften versehen und gemustert hergestellt. Zur Erlangung von Wasserdichtigkeit sind sie Platten mit Kessler-schem Magnesiafluat zu behandeln, wodurch sie auch eine grössere Festigkeit erlangen.

Um farbige Platten zu erhalten, giesst man in die Formen zunächst eine dünne Lage von reinem, mit dem nöthigen Farbenzusatz versehenem Cement, so dass der Boden der Form gerade gleichmässig bedeckt ist. Das sich über dieser Cementschicht bildende Wasser sättigt man durch Aufstreuen von trockenem Cementpulver. Dann wird die Form mit dem halbweich herzustellenden Cementmörtel ausgefüllt und das Ueberstehende abgestrichen. Sobald die Platten erhärtet sind, werden sie aus den Formen herausgenommen und einige Tage in ein Wasserbad gelegt.

Als Farbstoff für die erste reine Cementschicht wird verwendet: für Blau 5% Ultramarinblau, für Roth: 6% Pariserroth oder Caputmortuum (Englischroth, Eisenroth), für Schwarz: 12% Braunstein oder Kupferschlacke, für Gelb und Braun: 6% Ocker, für Grün: 6% Ultramarin-

Sehr dauerhafte Färbungen erhält man durch eine Mischung aus gleichen Theilen cementechtem Farbstoff und äusserst fein gemahlenem, vorher geglühtem und abgelöschtem Chalcedon oder Feuerstein mit Kalkmilch und etwas Wasserglaslösung. Diese Mischung wird mit einem Pinsel auf die noch frische Cementoberfläche aufgetragen. Der Zusatz von Wasserglaslösung erhöht die Adhäsionskraft des Anstriches.

Wenn man, wie dies oftmals geschieht, zur Erzielung eines hellen Farbentones den Farbstoff mit Kalkasche, d. h. mit dem Abfall von Kalk-Brennöfen vermischt, so ist bei nicht vollständigem Ablöschen und Absieben dieses Stoffes zu befürchten, dass ungelöschte Stücke gröberen Kornes in die Cementmasse gelangen und ein »Treiben« derselben, oft erst nach längerer Zeit, herbeiführen.

Gemusterte Platten erhält man, wenn man kleinere Cementmörtelmassen verschieden färbt und dieselben mittelst Zinkblechschablonen nach geometrischen Mustern auf dem Boden der Formen zusammenstellt, und marmorirte Platten, wenn man diese gefärbten Mörtelmassen im geeigneten Verhältniss auf eine mit Oel eingefettete und geschliffene Spiegelglasscheibe giesst, das Ganze mit einem Stäbchen nur so lange umrührt, bis die Masse marmorähnliche Färbung (Streifen, Flecken und Adern) zeigt, und dann in die Formen schüttet, — oder wenn man nach dem patentirten Verfahren von O. F. Jonath in Ruhrort a. Rh. Cement und Farbstoff trocken mischt, mit möglichst wenig Wasser zu einem steifen Brei verarbeitet, für jede einzelne Farbe einen besonderen Teig bereitet, die verschiedenen Teige lagenweise in verschieden dicken Schichten übereinanderlegt, die ganze Masse allseitig zusammenklopft und mehr oder weniger breit schlägt, so dass eine zusammenhängende, je nach der Bearbeitung dickere oder dünnere Aderung entsteht, dann die Masse so in Scheiben schneidet, dass die Schnittfläche durch die gefärbten Lagen geht, hierauf die Scheiben in Formen presst, nach 1—2 Tagen die fertigen Platten aus den Formen herausnimmt und sie, nachdem sie unter beständigem Feuchthalten vollständig erhärtet sind, schleift und endlich mit Benutzung von Wasserglas polirt.

Ueber die Dicke, das Gewicht u. s. w. der Cementplatten, Cementrinnen und Bordsteine giebt folgende Zusammenstellung Aufschluss:

1. Cementplatten:

3	4	5	6 *cm* dick (Fläche verschieden gross).
65	85	105	125 *kg* für das Quadratmeter schwer.

2. Abdeckplatten für Giebel, Mauern, Pfeiler u. s. w.:

1	1·5	2 Stein starke Mauer
65	105	150 *kg* für das laufende Meter schwer.

3. Trottoirrinnen:

15	20	30 *cm* Weite
25	35	45 *kg* für das laufende Meter schwer.

4. Trottoirplatten: 6—$6^{1}/_{2}$ *cm* stark, 17 *cm* Seitenlänge, gekerbt oder gerippt, für das Quadratmeter 145 *kg* schwer.

5. Bordsteine: etwa 25×13 *cm*, 65 *kg* für das laufende Meter schwer.

Die Cementplatten werden bei grösserer Dicke auf Sand- oder Kiesbettung oder auf zerkleinertem Coaks und bei geringerer Dicke auf einer Ziegelflachschicht oder Stampfbetonunterlage verlegt. Die Fugen werden mit

Cementmörtel vergossen, bei wandelbarem Untergrund jedoch offen gelassen oder durch dicke Theerpappenstreifen oder 7—8 *mm* dicke Weichholzstäbchen zum Schutze gegen Kantenabsprengungen geschlossen. Es empfiehlt sich, die Platten vor ihrer Verwendung längere Zeit an einem feuchten Orte lagern zu lassen, weil sich dadurch ihre Beschaffenheit verbessert. Erwähnt mag noch werden, dass man Cementplatten in England auch an Stelle des Kupferbleches zum Bekleiden hölzerner Schiffswände mit Erfolg verwendet hat. Auf solchen Ueberzügen sollen sich Muscheln und Korallen nicht festsetzen.

5. Cementdachplatten. Sie werden von einigen Cementfabriken in verschiedener Gestalt und Grösse hergestellt und zwar entweder ganz glatt (wie Schiefertafeln) oder in Gestalt der Dachpfannen oder ähnlich den Hohlziegeln oder wie die Falz- und Doppelfalzziegel u. s. w.

Die weiteste Verbreitung fanden die noch heute zu Dacheindeckungen viel benutzten Staudacher Cementdachplatten, welche aus einer Mischung von 1 Theil sehr fein gemahlenem, langsam bindendem Staudacher Romancement, 1 oder 2 Theilen Sand, beziehungsweise Hochofenschlacke oder aus 3 Theilen Romancement, 2 Theilen Sand und wenig Wasser gefertigt werden. Das Mischen und Durcharbeiten der erdfeuchten Masse erfolgt in einem Thonschneider, das Einschlagen in entsprechend gestaltete stählerne Formen, sowie das Verdichten der Masse mittelst der Hand, letzteres jedoch auch mittelst Pressen. Die Platten sind in 2—3 Wochen erhärtet und erreichen nach etwa Jahresfrist die grösste Festigkeit. Sie zeichnen sich durch eine genaue Form, grosse Wasserdichtigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Hagelschlag, Feuersicherheit und geringes Gewicht aus. Wegen ihrer geringen Wasseraufnahme sind sie besonders zur Eindeckung schwach geneigter Dächer zu empfehlen. Die beste Dachneigung ist 1:4, die geringste — bei Verwendung von Cementpfannen — 2:9.

Ein mit 13 *mm* starken Staudacher Cementdachplatten eingedecktes Dach ist bei trockenem Wetter um etwa 40%, bei nassem sogar um etwa 70% leichter als ein Ziegeldach.

Die üblichen Formen dieser Platten zeigen die Figuren 398 und 399. Die Plattendicke beträgt 13 *mm*, das Gewicht bei dem grössten Format

Standbild errichtet worden ist, welcher das Aussehen eines sehr feinkörnigen, weissgrauen Sandsteines besitzt und sich bislang gut gehalten hat).

Zur Herstellung von Cementdachplatten hat Dr. Bernhardi Sohn (G. E. Draenert) in Eilenburg bei Leipzig eigene Schlagtische (Schlagpressen) construirt, die, weil sie eine grössere Verbreitung gefunden haben, und weil sie, entsprechend eingerichtet, zur Anfertigung aller Arten von Dachziegeln (glatten und gefalzten) benutzt werden können, an dieser Stelle näher beschrieben werden sollen.

Die Figuren 400—407 zeigen eine patentirte Schlagpresse für die beliebten rautenförmigen Dachfalzziegel in allen ihren Einzelheiten. Mit diesem Schlagtisch können zwei Grössen dieser Ziegel erzeugt werden, und zwar eine, wovon auf das Quadratmeter 11 Stück und eine, wovon auf das Quadratmeter 13 Stück gehen. Der Fabrikant beschreibt diesen Apparat wie folgt:

»Die Maschine wird je nach Wunsch mit Holztisch oder ganz aus Eisen construirt geliefert. Sie besitzt eine Vorrichtung, welche es ermöglicht, die Falze *a* auf der Ziegeloberseite, welche die Dichtung der Ziegel von Schaar zu Schaar bewirken, von genau gleicher Höhe und tadelloser Beschaffenheit herzustellen. Die Presse (Fig. 400) besteht aus einem Tische, auf dessen entsprechend ausgeschnittener Platte der im Horizontalschnitt die Gestalt des anzufertigenden Ziegels besitzende Rahmen 2 befestigt ist. Durch diesen Rahmen tritt der Stempel 3 mit dem Bolzen 4 behufs Auswerfens des fertigen Ziegels aus der Form hindurch; die Bolzen 4 drücken zu diesem Zweck auf einen beweglichen Boden 2* des Rahmens, dessen Oberseite entsprechend der Unterseite des Dachziegels geformt ist. Die Auf- und Abbewegung des Stempels 3 geschieht durch Vermittlung der Stange 5 durch den Tritthebel 6.

Auf der Platte des Tisches *I* sind mittelst eines Charnieres 7 zwei Rahmen 8 und 9 so befestigt, dass sie sowohl, der eine (9) auf dem anderen (8) liegend, auf den oberen Rand des Formrahmens 2 hinauf- als auch seitlich (in Fig. 400) nach links hinweggeklappt werden können. Auf der Oberseite des Rahmens 8 ist ein Schieber 10 verschiebbar gelagert (Fig. 402), der sich einerseits in den Leisten des Rahmens 8, sowie mittelst seiner Schlitze 10 an in den Rahmen 8 eingezogenen Schrauben 11 führt. Dieser Schieber 10 kann nun in der Richtung der Pfeile *I* so auf dem Rahmen verschoben werden, dass man damit einen im Rahmen vorgesehenen, hakenförmigen Schlitz 12 bilden kann, welcher in seiner Lage und Gestalt dem auf der Oberseite des Ziegels (Fig. 401) herzustellenden Falz *a* entspricht. Der Rahmen 9 besitzt einen hakenförmigen Rand 13, der so auf der Unterseite des Rahmens 9 angeordnet ist, dass er, wenn die Rahmen 8 und 9 übereinanderliegend auf den Formrahmen 2 herabgeklappt werden, bis zu einer bestimmten Tiefe in den Schlitz 12 eindringt. Das Maass des Eindringens wird durch einen am Rand 9 vorgesehenen Anschlag 9 bestimmt, der gleichzeitig, ebenso wie der Lappen 8 des Rahmens 8, als Handhabe behufs Zurückklappens des Rahmens dient. Die Wirkungsweise ist durch Figur 403 bis 407 dargestellt, welche den Apparat im Längsschnitt in seiner besonderen Arbeitsstellung veranschaulichen.

Zunächst wird der Formrahmen 2 geöffnet, d. h. es werden die Rahmen 8 und 9 in die in Figur 401 und 403 gezeichnete Lage zurückgeschlagen

und der Rahmen 2 bis zu seinem oberen Rande mit dem Formgut durch Einstampfen, beziehungsweise Schlagen ausgefüllt und glatt abgestrichen. Sodann klappt man den Rahmen 8 mit geöffnetem Schieber 10 auf den Formrahmen 2 herab (Fig. 404), füllt den Schlitz 12 gleichfalls mit dem Formgut aus und zieht den Schieber 10 an seiner Handhabe 10" vor, so dass er über den Schlitz 12 hinweggleitet und überschüssiges Formgut abschneidet. (Fig. 405). Hierdurch ist ein Dachziegel von der in Figur 401 dargestellten Gestalt, in der Form liegend, fertig gestellt, dessen Falze *a* sowohl eine genaue Höhe als auch eine geradlinige Gestalt besitzen.

Um nun das Herausnehmen dieses Ziegels zu ermöglichen, ohne beim Auf- und Zurückklappen des Rahmens 8 eine Beschädigung oder gar ein Anreissen des Falzes *a* befürchten zu müssen, ist der Rahmen 9 vorgesehen. Dieser Rahmen wird jetzt herabgeklappt, so dass er sich mit seinem Rande 13 auf *a* auflegt (Fig. 406); man drückt, indem man den Rahmen 8 langsam aufhebt, den Anschlag 9' mit dem Lappen 8" fest zusammen. In Folge dessen schiebt der Rand 13 nach Maassgabe des Hebens des Rahmens 8 den Falz *a* des Ziegels langsam und ohne ihn zu beschädigen aus dem Schlitz 12 heraus, worauf beide Rahmen 8 und 9 ohne Nachtheil ganz von dem Formrahmen 2 zurückgeklappt werden können. Ein Druck auf den Tritt 6 endlich hebt die Bodenplatte 8' mit dem fertigen Ziegel aus dem Formrahmen 2 heraus (Fig. 407) und der Ziegel kann nun zum Trockengerüst getragen werden.

Mit dieser Schlagpresse vermag 1 Arbeiter täglich etwa 400 ungefärbte und etwa 300 gefärbte Rautenziegel herzustellen.

Das Färben der Ziegel ist sehr empfehlenswerth, weil dadurch die Oberfläche gedichtet und sehr gehärtet wird. Die hierzu verwendeten Farben werden mit Cement und einem Stoff, welcher zur Erhaltung der Farbenlebhaftigkeit dient, innigst vermischt und dann trocken benutzt; zum Mischen benutzt man vortheilhaft Kugelmühlen. Durch Verwendung verschiedenartig gefärbter Ziegel lassen sich die herrlichsten Mosaikdächer herstellen.

Zur Erzeugung von Firstziegeln hat die Firma eine einfache und leistungsfähige Vorrichtung construirt, mittelst welcher man täglich, bei Zuhilfenahme einer entsprechenden Anzahl Bleche je nach der Form der Firstziegel bis 400 Stück herstellen kann. Diese Einrichtung besteht aus der Form, in welche die mit Handgriffen versehenen Bleche, gelegt werden. Durch eine Klappeinrichtung werden die Bleche festgehalten. Nachdem auf letztere Masse geworfen ist, klopft man mittelst eines entsprechend geformten Hammers den Firstziegel und glättet denselben nachher durch einen sogenannten Glatthobel.

6. Cementplatten von Peter Jantzen in Elbing. Figur 408.

Diese Platten sind 47 *cm* lang, 31·5 *cm* breit, 13 *mm* dick und doppelt gewölbt mit einem Stich von 13 *mm*; sie sind mit 2 Nasen (zum Aufhängen) versehen und wiegen pro Stück 5·5 *kg*. Die günstigste Dachneigung für diese Platten ist 1:3.

Die in Figur 409 dargestellten, von derselben Firma angefertigten Cementplatten sind trapezförmig gestaltet, besitzen aufgebogene Ränder, haben eine Länge von 55 *cm*, eine mittlere Breite von 31 *cm*, eine Dicke von 12 *mm* und werden in kleineren Abständen von einander an die Latten gehängt; ihre Zwischenräume werden mit entsprechend gestalteten, ebenso dicken Platten überdeckt. Die Platten werden zur Erhöhung ihrer

Wasserdichtigkeit mit Theer oder einem anderen hierzu geeigneten Stoff getränkt. Für die Firste, Kehlen und Giebel benutzt man besondere Platten. Für diese Eindeckungsart empfiehlt sich eine Dachneigung von höchstens 1:8.

Noch zu erwähnen sind die Platten der »Gesellschaft für Cementfabrikation A. Sadée u. Comp.« in Oberkassel, von Burchard in Swinemünde an der Ostsee, von Thomann u. Comp. in Oberkassel, von Maring in Braunschweig, von Wilh. Klement in Teterow in Mecklenburg, von Jörgensen u. Kahland in Wedel in Holstein, von der »Deutschen Cementindustrie-Actiengesellschaft« in Bremen, von der Cementfabrik Germersdorf bei Guben (Doppelfalzziegel, Patent Wuttke), von M. F. Siegers in Dortmund u. A.

7. Asbestcementplatten von Kühlewein u. Comp. in Berlin S.

Die Asbestcementplatten bestehen aus einem Gemenge von Rohasbest, Cement und einem Bindemittel. Ihre Stärke beträgt 1·5—5 *cm.* — Als Vorzüge werden von den Fabrikanten angegeben: absolute Feuerbeständigkeit, Wetterfestigkeit, leichte Nagelung, leichtes Hobeln, Zersägen und Zerschneiden der Masse, schlechte Wärme- und Schallleitung, Politurfähigkeit u. s. w. Diese Platten werden, weil sie sich gut bemalen, lackiren und tapeziren lassen sollen, zur Herstellung von Wänden empfohlen, zu Decken- und Fussbodenconstructionen, zur Anfertigung feuer- und rauchsicherer Thüren (in Stärken von 2—2·5 *cm*), zu Eisenummantelungen u. s. w. Bei den Wandconstructionen stellt man Holz- oder Eisengerüste auf und bekleidet dieselben beiderseits mit diesen Asbestcementplatten; die Fugen werden mit einem Asbestcementmörtel gedichtet.

§ 228. Cementdielen und Cementstaaken.

1. Cementdielen von Otto Böklen in Lauffen a. N. Figur 410.

Diese Cementdielen werden aus einer unter einem Kollergang vorgenommenen Mischung von 1 Theil Cement und 3 Theilen Normalsand (Quarzsand) oder Bimssteinsand gefertigt. Die mit Quarzsand hergestellten Dielen lassen sich nur mit dem Meissel bearbeiten, während man die Bimssteinsand-Cementdielen wie Holz sägen, nageln u. s. w. kann. Die Cementdielen sind auf der Unterseite glatt, auf der Oberseite dagegen in verschiedener Weise gerippt, so z. B. bienenzellenartig gemustert. Ihre Länge beträgt 100 *cm*, ihre Breite 30 oder 50 *cm* und ihre Dicke 6—14 *cm*. Die Zugfestigkeit der lufttrockenen Platten wurde bei einem specifischen Gewichte von 1·966 zu 47·2 *kg*, der wassersatten zu 44·13 *kg*, der an der Luft ausgefrorenen zu 39·85 *kg*, der unter Wasser ausgefrorenen zu 31·25 *kg* für das Quadratcentimeter von der königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien zu Berlin-Charlottenburg ermittelt, ferner die Druckfestigkeit bei einem specifischen Gewichte der Masse von 2·16—2·20 zwischen 22 und 45 *kg* für das Quadratcentimeter von der Prüfungsanstalt der königlichen technischen Hochschule zu Stuttgart bestimmt. Die Abnutzung betrug bei einem Probestück von 50 cm^2 Schleiffläche und 883, beziehungsweise 944·3 *g* Gewicht 18·5, beziehungsweise 18·0 cm^3 Masse bei 30 *kg* Belastung des Probestückes, 450 Umdrehungen (und zwar 22 in der Minute) der Schleifscheibe, einem Schleifradius von 22 *cm* und unter Verwendung von 20 *g* Naxosschmirgel Nr. 3 und die Wasseraufnahme nach 12 Stunden 5·2%, nach 125 Stunden 6·2%, wobei das Eigengewicht von 0·16 *kg* bis auf 0·162 *kg* stieg.

Man verwendet die Cementdielen hauptsächlich zur Herstellung von Wänden; es werden zu diesem Zwecke die Dielen mit den gerippten Seiten so aneinander gestellt, dass ein kleiner Zwischenraum verbleibt, welcher mit geeignetem Füllstoff auszufüllen ist; die Wand wird im Backsteinverband mit oder ohne Holz- oder Eisengerüst aufgeführt und meistens noch mit einem glatten Putz versehen. Einzelne Dielen sind mittelst Eisenklammern zusammenzuhalten. Zu Gewölben benutzt man entsprechend gekrümmte Dielen.

2. Stegcementdielen von Paul Stolte in Genthin, Figur 411 und 412.

Dieselben werden aus der gleichen Mischung wie die vorigen hergestellt, ihre Gestalt ist jedoch eine andere, denn sie besitzen Nuth und Falz und im Inneren Hohlräume von grösserer Höhe als Breite, wodurch eine günstige Stoffvertheilung erzielt wird. Man stellt aus ihnen Wände, namentlich Scheidewände, aber auch Decken her. Für Scheidewände nimmt man 5—12 *cm* starke Dielen, stellt dieselben hochkantig und im Verband auf einander und dichtet ihre Fugen mit Cementmörtel. Bei Verwendung von mit Bimssteinsand gefertigten Dielen (oft auch bei Benutzung von Quarzsand-Cementdielen) erhält die Wand einen glatten Putz. Für Deckenconstructionen benutzt man rhomboidisch gestaltete Dielen, welche sich bequem zwischen die eisernen Träger schieben lassen, und stattet dieselben zur Erhöhung ihrer Tragfähigkeit mit einer Bandeiseneinlage oder einem Drahtgewebe im Inneren aus.

Bei einer von der königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien zu Berlin-Charlottenburg vorgenommenen Probebelastung wurden 33 *kg* schwere, 105 *cm* lange, 25 *cm* breite und 7 *cm* dicke Dielen verwendet, von denen eine jede 6 Luftcanäle und 3 Bandeiseneinlagen von je 1·4×23 *mm* Querschnitt besass. Die aus diesen Dielen und I-Trägern gebildete Decke zeigte bei einer Belastung von 5000 *kg* auf einer Fläche von 125 auf 80 *cm* in der Mitte eine Einsenkung, bei 6000 *kg* Belastung einen Querriss, bei 6722 *kg* Belastung eine dauernde Einsenkung von 2·75 *cm*.

Die Quarzsand-Cementdielen besitzen bei einer Stärke

von 5 7 10 12 *mm*

nageln und haben nahezu die I-Form. Ihr Gewicht beträgt für das Quadratmeter 65—75 *kg*, ihre Länge 45—90 *cm* und mehr, ihre Höhe $h = 16$ oder 18 *cm*, ihre Breite $b = 12$ und 13·5 *cm* und ihre Dicke $d = 4$, 4·5 und 5·5 *cm*. Sie werden zwischen Holzbalken oder I-Trägern verlegt. Ihre Tragfähigkeit ist eine grosse; bei einer Probebelastung konnte ein Stück einer Decke von 180 *cm* Länge und 100 *cm* Breite mit vier Wochen alten Staaken und bei einer freitragenden Länge von 94 *cm* 2000 *kg* tragen, ohne durchgebogen zu werden.

§ 229. Künstliche Bausteine und Ornamente.

Säulen, Capitäle, Gesimsstücke, Gliederungen aller Art, Rosetten, Medaillons, Statuen, Grabsteine, auch Wasserbehälter, Tröge und Krippen, Grottensteine, Bänke und Tische für Gärten und öffentliche Anlagen, Anschlagssäulen (z. B. in Berlin) u. s. w. werden in neuerer Zeit vielfach aus gemagertem Cementmörtel unter Benutzung von Formen hergestellt. Zu diesen Gegenständen verwendet man einen sehr feingemahlenen, möglichst gleichmässig gefärbten, langsam bindenden, sehr volumenbeständigen und möglichst abgelagerten Cement, sowie (bei besseren Cementsachen) einen fein- und scharfkörnigen, gewaschenen Sand. Dieser Mischung wird nur so viel Wasser beigemengt, als zur Bildung einer wie feuchte Gartenerde erscheinenden Masse gerade nothwendig ist. Der Mörtel wird in Formen gegossen und festgeklopft oder festgestampft, auch wohl durch Pressen gedichtet, um eine möglichst grosse Festigkeit der fertigen Ware zu erzielen.

Zu den Formen verwendet man vielfach eine durch einen Zusatz von Glycerin gegen Austrocknung, Zusammenziehung, Einschrumpfen der Kanten und Faulen geschützte Leimmasse, welche man über das Modell giesst.*) Die Leimform wird innen mit einem gut trocknenden Leinölfirniss überzogen und nach dem Trocknen desselben mit Petroleum, Rüböl oder Kalkseife (Leinöl und Kalkwasser) eingefettet. Dann wird zunächst eine dünne Lage einer aus 1 Theil Cement und 1—2 Theilen möglichst feinem Sande und Wasser bestehenden Masse in die Form gegossen und über alle Theile der Innenfläche mit einem nassen Pinsel ausgebreitet; man nennt diese Arbeit den »Vorguss«. Hierauf wird der erdfeuchte, aus 1 Theil Cement und 3—6 Theilen Sand oder mit Sand untermischtem Kies zusammengesetzte Mörtel in die Form gebracht und letztere mit dieser Masse vollständig ausgefüllt. Die Cementmasse wird alsdann mit der Hand oder kleinen Holzstempeln fest angedrückt und das sich hierbei bildende Wasser durch Aufstreuen von trockenem, reinem Cementpulver gesättigt; die überstehende Masse wird mit einem Messer abgestrichen. Die Form lässt man bis zum Erhärten ihrer Füllung, also etwa 24—36 Stunden lang, ruhig stehen und nimmt sie dann ab. Bei zu frühem Abheben werden leicht die Kanten des Stückes beschädigt und seine Flächen abgestumpft. Die Gussstücke müssen bis zu ihrer vollständigen Erhärtung feucht gehalten werden. — Solche Leimformen können bei sorgfältiger Behandlung mehrere Male benutzt werden; sind sie unbrauchbar geworden, so kann man die Leimmasse umschmelzen und zur Herstellung neuer Formen wieder verwenden.

---

*) Siehe Ed. Uhlenhuth »Formen und Giessen«, Wien 1886. (A. Hartleben's Verlag.) 2. Auflage, S. 65—66.

Will man zur Erzielung einer grösseren Dichtigkeit und Festigkeit und eines geringeren Cementverbrauches die Masse in die Formen einstampfen oder einpressen, so kann man Leimformen ihrer geringen Widerstandsfähigkeit wegen nicht verwenden, sondern muss hölzerne oder Gyps-Formen, die mit Eisen gut armirt sind, benutzen; erstere empfehlen sich zur Anfertigung von einfach gestalteten Gegenständen, letztere zur Herstellung von complicirter geformten Gussstücken. Auch verwendet man wohl eiserne oder stählerne Formen.

Uhlenhuth schlägt vor, statt der Leimformen solche aus einem sehr fetten und weichen, also sandfreien Thon zu verwenden, welche im Uebrigen wie erstere zum Guss vorbereitet werden sollen.

Als Schutzmittel gegen Kantenbruch, sowie zur Verminderung der Porosität und als bestes Mittel gegen das »Nachlassen« empfiehlt Hauenschild die Behandlung der Cementgussstücke mit den im § 83 näher beschriebenen Kessler'schen Fluaten.

Cement-Bauornamente sind weit billiger als solche aus natürlichen Steinen, auch schneller und leichter herzustellen; sie besitzen bei guter Ausführung grosse Dauerhaftigkeit und sind z. B. frostbeständiger als Sandstein; sie werden bald steinhart und sind wasserundurchlässiger als Gypsornamente. Fertigt man sie jedoch, wie dies früher häufig geschah, aus ganz reinem oder nur mit wenig Sand vermengtem Cement, so erhalten sie auf ihrer Oberfläche bei Einwirkung der Witterung leicht Haarrisse.

Statt des Portlandcementes nimmt man auch zur Herstellung künstlicher Steine Romancement oder zur Erhöhung der Festigkeit und Regelung der Abbindezeit eine Mischung von 75—80 Gewichtsprocenten Romancement und 25—20 Gewichtsprocenten Portlandcement.

Besondere Arten von Kunststeinen sind folgende:

1. Victoria-Kunststeine.

Man fertigt dieselben aus einer Mischung von 1 Theil Cement, 4 Theilen Granitbruchstücken und wenig Wasser. Nach dem Erhärten werden diese Steine in eine Natronwasserglaslösung gelegt und in derselben etwa zwölf Stunden lang belassen. Victoria-Steine sind sehr fest und haltbar und werden

Steine sollen sich ganz besonders zu Bauornamenten eignen, welche den Witterungseinflüssen stark ausgesetzt sind, und wegen ihrer grossen Härte auch zu Mühl- und Schleifsteinen verwendbar sein. Da die Masse sehr schnell erhärtet und grosse Bindekraft besitzt, so dient sie auch zum Kitten von natürlichen Bausteinen.

3. Künstliche Steine aus hydraulischem Kalk und Kohlenpulver.

Diese Mischung wird zu Ziegeln geformt, gebrannt, zerstampft und gemahlen, hierauf mit Sand und Wasser zu einem dickflüssigen Teig angemacht, in Formen gebracht und gepresst.

4. Similipierre, Similimarbre.

Man stellt nach Neumann (siehe »Kalk, Gyps, Cement«, Weimar 1886, 5. Aufl., S. 217) diese Masse aus einem Gemenge von Cement, gehacktem Flachs, Leinöl und verschiedenen pulverisirten natürlichen Steinen her. Dasselbe wird mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron übergossen, deren Menge gewöhnlich $^1/_5$ des Gesammtgewichtes beträgt, jedoch grösser zu nehmen ist, wenn die Masse möglichst schnell erhärten soll. Die Masse wird dann geklopft und gestampft, bis ein steifer Brei entsteht, und endlich in Formen gepresst oder mit der Hand verarbeitet. Diese Masse soll sehr leicht, dicht und hart sein, sich abdrehen, mit dem Meissel bearbeiten und polieren lassen und die Festigkeit eines guten Kalksteines besitzen.

5. Künstlicher Granit von Max Friedrich & Comp. in Leipzig-Plagwitz.

Man verwendet zu seiner Bereitung hauptsächlich die beim Silberbergwerksbetriebe zurückbleibenden Steine, die sogenannten Natur-Gerupen, die pulverisirt und mit Cement sorgfältig gemischt werden. Die Mischung wird mit Wasser zu einem Teige von genügender Steifigkeit angemacht und in Formen gestampft oder gepresst. Dieser künstliche Granit besitzt eine gleichmässige Beschaffenheit und soll sich wie der natürliche Granit bearbeiten lassen.

6. Cementmarmor, künstlicher Breccienmarmor u. s. w.

Zu Wandbekleidungen verwendet man eine Masse aus Cement, Marmormehl, Marmor- oder Breccien-Bruchstücken und Wasser, die nach ihrer Erhärtung geschliffen und poliert wird. — Vergleiche auch: Beton, § 235.

§ 230. Cementröhren.

Brunnenröhren, Wasserleitungs- und Canalröhren, auch Drainröhren, Rinnen u. s. w. werden mit kreisförmigem oder eirundem Querschnitt aus einem innigen Gemenge von Portland-, Roman- oder Schlackencement und reinem, ziemlich trockenem Sand oder mit Sand untermischtem Kies hergestellt, welches zunächst nur mit einer, den vierten Theil seines Gesammtgewichtes betragenden Wassermenge angemacht und so sorgfältig durchgearbeitet wird, dass die Masse klumpenfrei erscheint. Diese fast trockene Masse erhält hierauf einen weiteren Wasserzusatz, so dass ein steifer Brei entsteht. Würde man die ganze Wassermenge auf einmal hinzusetzen, so wäre dies fehlerhaft. Der Mörtel wird in den zwischen dem eisernen Kern und dem Mantel der Form verbleibenden Zwischenraum eingeschüttet und stark gepresst. Nach ihrer Erhärtung werden die Röhren noch zur Erhöhung ihrer Widerstandsfähigkeit in eine Kieselsäurelösung gelegt. Man fertigt sie mit oder ohne Muffen und giebt ihnen bei grösseren Lichtweiten

eine Einlage von Eisendrahtgewebe (Monier-Construction; siehe den folgenden Paragraphen). Die Mindestwandstärke soll wegen der nicht zu vermeidenden Erschütterungen bei den Röhren grösseren Durchmessers 5 *cm* betragen. Die Verbindung der Rohrstücke geschieht durch Vergiessen der Fugen mit Cementmörtel, wobei man sich (nach Neumann) gern eines der Röhrengrösse entsprechend breiten, an der Innenfläche mit Wulsten trapezförmigen Querschnittes, an der Aussenfläche mit aufgenieteten eisernen Spangen ausgestatteten Ledergurtes bedient, welcher um die zusammenstossenden Rohrenden gelegt wird.*)

Vor den Thonröhren haben die Cementröhren folgende Vorzüge:

1. sind sie bei grösseren Lichtweiten billiger (bei kleineren etwa ebenso theuer);
2. besitzen sie eine genauere Form;
3. können sie einen Druck bis 10 Atmosphären ertragen;
4. besitzen sie ihrer grösseren Wandstärke wegen eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Stosswirkungen und werden deshalb bei wenig tiefer Lage unter der Strassenoberfläche oder bei Lagerung auf beweglichem Untergrunde nicht so leicht zerstört wie Thonröhren.

Baulänge, Lichtweite, Querschnitt und Gewicht der kreis- und eirunden Cementröhren ist aus der nachfolgenden Tabelle zu ersehen.

a) Kreisrunde Form				b) Eirunde Form			
Lichtweite Millimeter	Querschnitt Quadrat-centimeter	Baulänge Meter	Gewicht in Kilogramm pro 1 Meter Länge	Lichtweite Millimeter	Querschnitt Quadrat-centimeter	Baulänge Meter	Gewicht in Kilogramm pro 1 Meter Länge
75	44	0·8	17	200/300	459	1·0	96
100	78	0·8	21·5	250/375	717	1·0	130
120	113	1·0	26	300/450	1032	1·0	158
150	176	1·0	36	350/525	1406	1·0	218
175	240	1·0	46·5	400/600	1836	1·0	305
200	314	1·0	56	450/675	2323	1·0	330

Röhre entsprechend gestalteten Kern (aus Holz) tragen, zu einem Formkasten abschliesst, den Zwischenraum mit Cementmörtel gut ausfüllt und letzteren klopft oder stampft. Diese Formkästen können nach fertiggestelltem Rohrstück zur Herstellung des nächsten Stückes wieder verwendet werden.

Eine grössere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen saure, gährende und ätzende Flüssigkeiten erlangen die Cementröhren durch Behandlung mit Kessler'schem Magnesiafluat, eine grössere Wasserdichtigkeit durch Beizen mit Kessler'schem Encaustique à la cire.

§ 231. Monier's Bauweise.

Die Monier'sche Construction stellt eine Verbindung von Cement und Eisen dar, nämlich ein Eisengerippe, welches mit Cementmörtel oder Cementbeton umhüllt ist. Der Querschnitt der Eisenstäbe wird nach ihrer Inanspruchnahme bestimmt, und es werden starke Drähte bei geringer, Rundeisen bei grösserer und Profileisen bei sehr grosser Beanspruchung gewählt. In den meisten Fällen genügt ein Eisengerippe aus Rundeisenstäben von 5—25 *mm* Durchmesser, welche gewöhnlich in 70 *mm* weiten Abständen angeordnet und mit Bindedraht aneinander gefügt werden, damit sie sich beim Umhüllen mit Cement- oder Betonmasse nicht verschieben können. Die Dicke der Umhüllung richtet sich nach der verlangten Widerstandsfähigkeit und wird für jeden einzelnen Fall auf Grund statischer Berechnungen bestimmt; sie beträgt z. B. bei Verwendung der Monier-Platten zu Scheidewänden nur etwa 3 *cm*. Die Umhüllung wird aus Cementmörtel (1 Theil Cement und 1—3 Theile Sand) oder aus Cementbeton (1 Theil Cement, 3 Theile Sand und 5—6 Theile Kies) hergestellt.

Bei Verwendung der Monierconstructionen zu Decken, Wänden u. s. w. können dieselben durch Last-, Wasser-, Erd- oder Winddruck, je nach ihrer Lage von oben oder seitlich auf Biegungsfestigkeit beansprucht werden; hierbei soll das eingebettete Eisengerippe die Zugspannungen, die Cementumhüllung dagegen die Druckspannungen übernehmen. Es muss sich jedoch das Eisengerippe dann im Plattenquerschnitt genau an der Stelle (der Zugseite) befinden, wo die Zugspannungen auftreten. Bei diesem System wird also die hohe Zugfestigkeit des Eisens (etwa 3500 *kg* für das Quadratcentimeter) und die grosse Druckfestigkeit der Cementmasse (etwa 160 *kg* für das Quadratcentimeter) entsprechend ausgenutzt.

Bei Gewölbeconstructionen enthält die Cementmasse (oder der Beton) Druck, die Eiseneinlage Zug und Druck, besonders bei einseitiger Belastung und sehr schweren Einzellasten (z. B. Säulendrücken); bei einfach oder doppelt gekrümmten Platten (z. B. cylindrischen Wasserbehältern, Kuppelconstructionen, Röhren u. s. w.) erhalten beide Stoffe bei äusserem Druck von der convexen Seite Druck, von der concaven Zug.

Durch Versuche und jahrelange Beobachtungen ist festgestellt, dass das Eisen durch die anfänglich feuchte Umhüllung nicht zum Rosten gebracht wird, und dass es durch die luft- und wasserdichte Cementumhüllung gegen späteres Rosten fortdauernd geschützt bleibt, sofern bei der Einbettung des Eisendrahtes die grösste Sorgfalt obwaltet und die Platten nicht zu solchen Constructionen Verwendung finden, bei denen durch die Belastung leicht in der Cementmasse Risse entstehen können. Bilden sich jedoch Risse, und gelangt durch sie Feuchtigkeit an das Eisen, so geht letzteres schneller zu Grunde, als wenn es ohne Umhüllung den Witterungseinflüssen ausgesetzt wäre, weil

sich die Alkalien des Cementes alsdann an der Zerstörung des Eisens betheiligen.

Weitere Untersuchungen ergaben, dass der Cement ungemein fest am Eisen haftet (Bauschinger fand die Adhäsionsfestigkeit zu 40—47 *kg* für das Quadratcentimeter), und dass weder durch Zusammenziehung bei Frost in den Monierplatten Risse erzeugt, noch durch Ausdehnungen bei grosser Wärme beide Stoffe von einander getrennt werden, weil Portlandcementmörtel und Eisen nahezu denselben Ausdehnungcoëfficienten besitzen. Diese Beständigkeit der Monierconstructionen im Frost und in der Hitze machen die Platten für viele technische Zwecke gut verwendbar.

Die Tragfähigkeit der Monierconstructionen ist sehr gross, ebenso auch die Widerstandsfähigkeit gegen Stoss, wie durch verschiedene Versuche festgestellt wurde. Bei den vor einigen Jahren in Budapest vorgenommenen Belastungsproben ergab sich beispielsweise, dass Monierdecken 12mal so viel wie Decken aus Cementplatten ohne Eiseneinlage und Moniergewölbe 5·17mal soviel wie Betongewölbe ohne Eiseneinlage trugen.

Als weitere Vorzüge der Monierconstructionen sind anzuführen: grosse Dauerhaftigkeit (namentlich Frostbeständigkeit) und Feuersicherheit, grosse Wasser- und Luftdichtigkeit, geringes Eigengewicht, erhebliche Ersparniss an Raum und Constructionshöhe (wegen der geringen Dicke der Scheidewände und Deckenplatten), Ersparniss an Widerlager-Verankerungen (wegen des geringen Seitenschubes der bogenförmigen Platten), leichte Formgebung, schnelles Bauen bei Verwendung fertiger Platten (beziehungsweise Hohlsteine) und verhältnissmässige Billigkeit, Schutz gegen Hausschwamm und Ungeziefer. Als Nachtheil muss erwähnt werden, dass sich Löcher für Nägel und Haken nur schwer in Monierplatten herstellen lassen und dass, wenn man beim Einschlagen auf einen Eisendraht stösst, grössere Flächen durch die Erschütterungen zertrümmert werden können, weil die Cementmasse grosse Sprödigkeit besitzt. — Zu den vorgenannten Vorzügen kommt noch, dass sich die Cementfläche stereochromatisch bemalen, sowie mit Gyps- und Stuckornamenten bekleiden lässt, denn dieselben haften sicher auf dem Cement, können aber auch an dem tragenden Eisengerippe der Monierplatten mittelst Draht befestigt werden. Sodann ist zu beachten, dass die Monier-Bauweise die Ausführung von Constructionen ermöglicht, welche einen grossen Widerstand gegen Zugbeanspruchungen besitzen sollen. Deshalb eignet sich die Monierconstruction gleich gut zu Hoch- und Ingenieurbauten. Aus Monierconstructionen wurden bisher nicht nur einzelne Gebäudetheile, wie z. B. Fussböden, ebene und gewölbte Decken, leichte und sich selbst tragende Innenwände, Säulen und Säulenummantelungen, Treppen und Podeste, Dacheindeckungen, Hohlgesimse, Heiz- und Lüftungscanäle im Grundwasserboden, Fussbodenheizungen u. s. w., hergestellt, sondern auch ganze Häuser, Brücken (besonders in Oesterreich), Tunneldurchlässe, ringförmige Hochreservoirs, Kuppelbauten, Eisbehälter, Spülbassins, kreisförmige Gasometerbehälter, Getreidekeller, Senk- und Düngergruben, Rohrleitungen und Canäle grösseren Querschnittes u. s. w. Wenig geeignet dürfte die Monier-Bauweise zu solchen Constructionen sein, welche durch bewegliche Lasten grossen Erschütterungen und Stössen ausgesetzt sind.

Bei der Ausführung von Decken in Wohnhäusern werden gerade oder gekrümmte Monierplatten mit einem Geflecht aus gewöhnlich 7 *mm* starken Rundeisen und mit 70 *mm* Maschenweite zwischen I-Träger gelegt; bei

Wänden wird entweder an Ort und Stelle das Eisengeflecht aus wagerechten und senkrechten, steifen, an den Kreuzungsstellen mittelst Draht verbundenen starken Eisendrähten oder Profileisen*) hergestellt, wobei an den Ecken der Wände und an ihren freien Enden stärkere lothrechte Stäbe anzuordnen sind, und dieses Eisengerippe dann von beiden Seiten mit Cementmörtel beworfen, oder es werden einzelne Cementplatten ohne Eiseneinlage als Verkleidungen für dieses Eisengeflecht benutzt, oder es wird die Wand aus Monierhohlsteinen aufgebaut, die in richtigem Verband aufeinandergesetzt und mit Cementmörtel gefugt werden. Das letztere Verfahren empfiehlt sich, wenn eine möglichst schnelle Fertigstellung der Wand gewünscht wird. Handelt es sich um die Ausführung von Umfassungsmauern, so stellt man am zweckmässigsten eine doppelte Wand mit Hohlraum her und wählt dann die Aussenwand stärker als die Innenwand (z. B. 6 und 4 *cm* stark). Aussenwände und Wände in feuchten Räumen werden mit Cementmörtel, Scheidewände mit Kalkmörtel verputzt.

W. E. Ward empfiehlt zu Umfassungsmauern für Wohngebäude doppelte Wände aus Betonplatten mit Eiseneinlage, welche einen Zwischenraum von 15—25 *cm* erhalten und in Abständen von 0·6—0·9 *m* fest mit einander verbunden werden. Für die Betonplatten wird von ihm ein Gemenge von Portlandcement, Sand und kleingeschlagenen harten Kalksteinen in verschiedenem Mischungverhältniss vorgeschlagen.

Zu erwähnen ist noch die Koenen'sche Rippendecke, die sich aus Elementen von der in Figur 414 dargestellten Querschnittsform zusammensetzt. Diese Elemente bestehen aus I-, ⊥-Eisen oder einem anderen Profileisen, das mit einem aus 1 Theil Portlandcement, 3 Theilen Sand und Wasser gefertigten Mörtel eingehüllt ist. Das Eisen nimmt die Zugspannungen, die Cementmasse die Druckspannungen auf (wie beim Monier'schen System). Die Cementmasse bildet die eigentliche Ueberdeckung zwischen den Trägern. Durch Belastungsversuche wurde ermittelt, dass solche Decken bei grossen Belastungen nur eine sehr geringe Durchbiegung erleiden und eine grosse Tragfähigkeit besitzen; auch spart man bei ihrer Verwendung an Constructionshöhe und in manchen Fällen gegenüber preussischen Kappengewölben aus Backsteinen zwischen I-Trägern an Kosten. Eine Verankerung der Eisenträger ist nicht erforderlich.

In jüngster Zeit hat sich die »Actiengesellschaft für Beton- und Monierbau« in Berlin W. eine von Koenen erfundene Voutenplatte patentiren lassen, die aus demselben Cementmörtel wie die Rippendecke gebildet und zwischen I-Trägern eingespannt wird, welche in 1·5—6·0 *m* Entfernung von einander angeordnet und an ihren oberen Flanschen mit Flacheisen verbunden werden. Eine Voutenplatte von 10 *cm* Stärke und 3 *m* Spannweite ergab eine Tragfähigkeit von etwa 14000 *kg* für das Quadratmeter.

§ 232. Verschiedene weitere Anwendungen.

1. Cementgussdach nach dem patentirten Verfahren von Dr. Frühling.

Auf die Sparren werden Schalbretter genagelt und über dieselben Dachpappe gelegt, deren einzelne Bahnen sich nicht überdecken, sondern nur

*) Nach den Erfahrungen des Verfassers haften Flacheisen nicht fest genug im Cement.

berühren und deren Stösse mit stark getheertem Papier unterlegt und dann genagelt werden. Die Dachfläche wird hierauf durch 8—10 *mm* hohe Winkelbleche aus Zink, welche aufgenagelt werden, in quadratische Felder von etwa 20 *cm* Seitenlänge bei steilen und von etwa 50 *cm* Seitenlänge bei flachen Dächern getheilt. Die Felder bestreut man dünn mit Sand und füllt sie dann mit einem steifen, aus 1 Theil Portland- oder Romancement, 2 Theilen Sand und Wasser bestehenden Mörtel aus, der mit dem Schlagholz oder der Kelle gedichtet wird. Die Dachrinnen werden zuvor in Schalung vorgebildet, Firstwulste und Bruchgesimse für Mansarddächer auf Pappunterlage, nöthigenfalls unter Benutzung grosser, vorher einzuschlagender Nägel, in Cementmörtel gezogen, wobei die hier etwas breiter zu wählenden Zink-Winkelbleche als Schablonenlehre dienen.

Die Frühling'schen Cementgussdächer sollen sich durch grosse Billigkeit und Wasserdichtigkeit auszeichnen und sich besonders als Ueberzug auf ältere, nicht mehr ganz dichte Pappdächer eignen. Ihr Gewicht beträgt nur etwa 24 *kg*, ihre Wasseraufnahme etwa 2·3 *kg* für das Quadratmeter.

2. Ausbesserung von Sandsteinstufen.

Hierzu wird ein steifer Brei aus Portlandcement, gestossenen gusseisernen Bohr- oder Feilspänen und Wasser empfohlen. Derselbe soll so hart werden, dass man die Masse nicht mit dem Hammer zerschlagen kann.

3. Cementwürfel für Eisenbahnoberbauten.

Diese in ähnlicher Weise wie die Cementplatten hergestellten Würfel sollen in Württemberg mit Erfolg zu dem angegebenen Zweck verwendet worden sein.

4. Dichten von Quellen.

Hierzu benutzt man schnellbindenden Portlandcement oder auch Romancement. Ist der Zufluss und die Geschwindigkeit des Wassers gering und der Riss nicht zu eng, so genügt zur Dichtung häufig schon blosses Einstreuen von trockenem, sehr rasch bindendem Cement oder Auflegen eines genügend grossen Cementklosses auf den Riss; bei stärkerem Wasserandrang dagegen müssen andere Verfahren eingeschlagen werden, über welche u. A. das Werk »Der Portlandcement und seine Anwendungen im Bauwesen« (Berlin 1892), S. 178—182 ausführliche Mittheilungen macht.

gebrannten, schlackenfreien Backsteinen, Hochofen- und Steinkohlenschlacken, Kohlenasche u. s. w.

Die Steinstücke müssen rein, d. h. frei von Staub, Schlamm, Erdtheilchen und Mörtelresten sein und unter Umständen durch Waschen oder durch Behandlung mit stark verdünnter Salzsäure gesäubert werden; denn von der Grösse der Reinheit hängt die Grösse der Adhäsion des Mörtels ab. Auch sollen sie, damit der Mörtel besser haftet, eine möglichst rauhe Oberfläche besitzen, ferner scharfkantig und eckig sein, damit sie sich in einander lagern, ohne zu viele und zu grosse Hohlräume zu bilden, deren Ausfüllung eine grössere Mörtelmasse beansprucht, sodann sollen sie nicht mehr als 30—50 cm^3 messen und mindestens dieselbe Druckfestigkeit wie der erhärtete Mörtel besitzen. Die Steine werden mittelst Handschlägel oder bei grösserer Härte des Gesteines mittelst Steinbrechmaschinen zerkleinert.

Wird Kies als Füllmasse verwendet, so beachte man, dass die Festigkeit des Betons bei scharfkantigem Kies eine grössere ist als bei rundkörnigem; dient Sand allein als Zusatz zum Mörtel (Sandbeton), so ist die Festigkeit des Betons abhängig von der Kornform und von der Korngrösse, und zwar geringer bei Verwendung von sehr feinem Sand (Staubsand) als bei der von grobkörnigem Flusssand, auch geringer bei Benutzung von weichem Schiefersand und gewöhnlichem rundkörnigen Mauersand als bei Verwendung von scharfem, eckigem Normalsand, wie Suchier's Versuche ergeben haben. Einer Ausspülung durch Wellenschlag ist jedoch ein magerer Beton mit Feinsandmischung weniger ausgesetzt als ein solcher mit Grobsandmischung, weil die Hohlräume des feinkörnigen Sandes kleinere Durchmesser besitzen als die des grobkörnigen. Beton, welcher nur aus reinem Cement und Kies besteht, erlangt eine geringere Festigkeit als der mit einer Mischung vom feinsten Sande bis zum gröbsten Kies bereitete, bei welcher die Zwischenräume äusserst günstig ausgefüllt werden. (Vergl. Tabelle I.)

Verschiedenes. Die Festigkeit des Betons hängt jedoch nicht nur von der Beschaffenheit der Füllmasse ab, sondern auch von der Festigkeit des verwendeten Mörtels; letztere ist gewöhnlich etwas kleiner als die Betonfestigkeit.

Die Dichtigkeit ist je nach der Art der Mischung und der Beschaffenheit der Füllmasse eine verschiedene und z. B. bei dem mit Steinkohlenschlacken und Backsteinen bereiteten Beton geringer als bei dem mit Kies und manchen anderen natürlichen Gesteinen hergestellten; ersterer liefert eine Masse von grösserer Luft- und Wasserdurchlässigkeit und geringerer Wärmeleitungsfähigkeit und eignet sich deshalb wenig zur Verwendung bei Grund- und Kellermauern.

Die Härte wird bei demjenigen Beton am grössten, dessen Hohlräume vollständig mit Mörtel ausgefüllt sind. Um dies ohne grossen Mörtelzusatz zu erreichen, wird der Beton gestampft, wodurch das Maass der Hohlräume um 20—25% verringert werden kann. Dieses Stampfen lässt sich jedoch bei Benutzung von Romancementmörtel wegen des schnellen Abbindens desselben nicht gut ausführen. Verwendet man eine grössere Mörtelmasse, als zur Ausfüllung der Hohlräume der Füllmasse erforderlich ist, so erreicht man dadurch nur eine unbedeutende Erhöhung der Betonfestigkeit; je weniger vollkommen jedoch diese Ausfüllung ist, desto geringer ist die Festigkeit. Ein geringes Uebermaass an Mörtel (nach Tetmajer 5%, nach Dyckerhoff 15%) ist jedoch zur besseren Verkittung zu empfehlen, besonders bei Beton, welcher nicht gestampft werden kann.

Die Gesammtgrösse der Hohlräume erhält man genau genug durch den Inhalt der Wassermenge, welche zur Ausfüllung der Hohlräume der in ein wasserdichtes Gefäss geschütteten Füllmasse nothwendig ist. Grober Kies besitzt gewöhnlich 40—50% Hohlräume mit einem Durchmesser von $^1/_6$—$^2/_5$ des Kieskorndurchmessers, Rheinkies von 5—30 *mm* Korngrösse (nach Dyckerhoff) 35%, gestampfter Steinschlag unter 4 *cm* Grösse 20—35% u. s. w. Vielfach nimmt man auf 2 Raumtheile Steine 1 Raumtheil Mörtel.

Beton, welcher nur an der Luft Verwendung finden soll und deshalb aus Kalkmörtel oder Cementkalkmörtel und Füllmasse bereitet wird, muss möglichst porös sein, damit die Kohlensäure der Luft auch in das Innere der Betonmasse eindringen kann; er ist deshalb möglichst mager herzustellen und nur mit so viel Mörtelmasse zu versehen, dass die einzelnen Theilchen der Füllmasse miteinander verkittet werden; eine vollständige Ausfüllung aller Hohlräume mit Mörtel ist also bei Luftbeton nicht erforderlich. Bei Beton jedoch, welcher unter Wasser oder gegen Wasserandrang verwendet werden soll, wählt man die Mörtelmasse mindestens gleich dem Gesammtinhalt der Hohlräume und bereitet dieselbe aus rasch oder wenigstens mittelschnell bindendem Portland- oder Romancement und Wasser.

Mischungsverhältnisse. Nach R. Dyckerhoff erhält man dichte Betonmassen durch folgende Mischungen:

1 *hl* Portlandcement, 2 *hl* gesiebten Rheinsand, 5 *hl* Rheinkies von 5—30 *mm* Korngrösse.

1 *hl* Portlandcement, 3 *hl* gesiebten Rheinsand, 6·5 *hl* Rheinkies von 5—30 *mm* Korngrösse.

1 *hl* Portlandcement, 4 *hl* gesiebten Rheinsand, 8·5 *hl* Rheinkies von 5—30 *mm* Korngrösse.

1 *hl* Portlandcement, 6 *hl* gesiebten Rheinsand, 12 *hl* Rheinkies von 5—30 *mm* Korngrösse.

Ferner empfiehlt derselbe:

für Fundamente, Widerlager und Sohlen von Wasser- u. s. w. Behältern: 1 Theil Portlandcement, $1^1/_2$ Theile Sand, $7^1/_2$ Theile Steinschlag;

für Wände, Pfeiler, Gewölbe und sonstige Tragkörper: 1 Theil Portland-

Weitere empfehlenswerthe Mischungen sind:

1. für Trassmörtelbeton: 1 Theil Trass, 1 Theil Aetzkalk, $1^1/_2$ Theile Sand und 5 Theile Steinschlag oder Schotter;
   3 Theile Trass, 2 Theile frisch gebrannter und gelöschter Kalk, 2 Theile quarzige Steinstücke, 2 Theile grob gemahlene Eisenschlacke, 1 Theil Maurersand und 1 Theil gesiebter Kies.
2. für Puzzolancement-Beton: 12 Theile Puzzolanerde, 6 Theile reiner Sand, 9 Theile hydraulischer oder magerer Kalk, 16 Theile Steinschotter;
   28 Theile Puzzolanerde, 21 Theile Kalk, 7 Theile Hammerschlag, 14 Theile Sand und 30 Theile Steingrus (angewandt beim Hafendamm in Toulon).
3. für Santorinmörtel-Beton: 7 Theile Santorinerde, $2^1/_2$ Theile Fettkalk, 6 Theile Bruchsteinschotter (früher beim Triester Hafenbau benutzt); 7 Theile Santorinerde, 2 Theile Fettkalk, 7 Theile Bruchsteinschotter (früher bei Bauten in Venedig verwendet);
   4 Theile Santorinerde, $2^1/_2$ Theile Fettkalk, 3 Theile Sand.
4. für Beton aus hydraulischem Kalkmörtel: 4 Theile hydraulischer Kalk, 20 Theile Flussand und Kies, 1 Theil Portlandcement (Beton von Coignet angewandt);
   1 Theil hydraulischer Kalk, 1 Theil Trass, 1 Theil Ziegelmehl und Zusatz von Bruchstücken.
5. für Beton aus gewöhnlichem Kalkmörtel: 19 Theile Aetzkalk, 33 Theile Sand, 33 Theile Kies, 15 Theile Bruchsteingrus (angewandt bei der Brücke von Rouen durch Ganthey);
   14 Theile Aetzkalk, 7 Theile Hammerschlag, 29 Theile Sand, 50 Theile Kalksteinschotter (angewandt bei der Brücke von Jena in Paris).

Festigkeit. Bei Verwendung von Portlandcement, der nach der Normenprobe nach einer Bindezeit von einer Stunde 16·3 *kg* Zugfestigkeit für das Quadratcentimeter besass, ergaben sich nach Dyckerhoff für Probewürfel von 10 *cm* Seitenlänge, die einen Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser erhärtet waren, die in nachfolgender Tabelle I angegebenen Druckfestigkeiten.

Tabelle I.

Cement	Kalkteig	Sand	Kies	Druckfestigkeit in Kilogramm für das Quadratcentimeter
1	—	2	—	151·8
1	—	2	3	196·2
1	—	2	5	170·5
1	—	—	5	69·9
1	—	3	—	98·8
1	—	3	5	111·6
1	—	3	6·5	108·2
1	—	4	—	75·2
1	—	4	5	90·9
1	—	4	8·5	86·0
1	1	6	—	53·5
1	1	6	12	52·1

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen:

1. eine verminderte Druckfestigkeit bei fehlendem Sandzusatz;
2. die nahezu gleiche Festigkeit von Cementmörtel und von Beton bei richtiger Mischung desselben und beim Stampfen;
3. eine geringe Festigkeitszunahme bei Wahl einer geringeren Kiesmenge als die oben angegebene (aus den Hohlräumen berechnete);
4. dass es unvortheilhaft (unökonomisch) ist, den Kieszusatz zum Beton zu verringern.

Nach Hauenschild wächst die Festigkeit vom ersten Monate der Erhärtung an bis nach sieben Monaten, und zwar umsomehr, je magerer der verwendete Mörtel ist. Die Festigkeitszunahme beträgt z. B. bei einem Mörtel aus 1 Theil Cement, 3 Theilen Sand etwa 30%, bei 1 Theil Cement, 4 Theilen Sand etwa 40% und bei einem Cement-Kalkmörtel aus 1 Theil Cement, 1 Theil Kalk und 6 Theilen Sand sogar 85%. (Siehe: »Handbuch der Architektur«, Th. I, Bd. I, S. 181.)

Von der Versuchsanstalt der Reichseisenbahnen zu Strassburg i. E. wurden Untersuchungen mit Betonmischungen angestellt, die neben Sand und Kies auch Basalt-, Kalk- und Sandsteine in Strassenschotter-Grösse und mit 50% Hohlräumen enthielten. Aus diesen Mischungen wurden grössere Blöcke gefertigt und sieben Monate lang im Freien gelagert (der Luft ausgesetzt). Dann wurden die Blöcke in Würfel von 20 *cm* Seitenlänge zersägt und diese in nassem Zustande auf Druckfestigkeit geprüft. Die Ergebnisse dieser Prüfung zeigt Tabelle II.

Tabelle II.

Mischungsverhältniss in Hektoliter			Ausbeute des Stampfbetons in Hektoliter	Cementverbrauch für das Cubikmeter Stampfbeton in Kilogramm	Druckfestigkeit nach 7 Monaten in Kilogramm für das Quadratcentimeter
Cement	Sand	Kies			
1	2	4	4·40	320	—
1	3	6	6·65	210	140·0

Wie bedeutend die Festigkeitszunahme von Portlandcement-Beton im Laufe der Zeit ist, wenn der Beton den Witterungsverhältnissen ausgesetzt ist, zeigt folgende, ebenfalls von R. Dyckerhoff aufgestellte Tabelle III.

Tabelle III.

Betonmischung nach Raumtheilen	Alter des Betons		
	7 Monate	1 Jahr	10 Jahre
	Druckfestigkeit in Kilogramm für das Quadratcentimeter		
1 Cement, 6 Kiessand, 10 Kalksteinschotter	121·0	165·3	233·0
1 Cement, 7 Kiessand, 11 Sandsteinschotter	83·0	103·2	158·0
1 Cement, 1 Kalkteig, 8 Kiessand, 13 Sandsteinschotter	91·2	120·0	217·0

Der bei diesen Betonmischungen verwendete Portlandcement zeigte bei der normengemässen Probe eine Zugfestigkeit von 18 *kg* für das Quadratcentimeter.

Beton aus 1 Theil Cement, 3 Theilen Sand, 3 Theilen Kies ohne Einstampfen geformt und sogleich unter Wasser gebracht, hatte nach 28tägiger Erhärtung eine Druckfestigkeit von 35 *kg* für das Quadratcentimeter, während ein Beton aus 1 Theil Cement, 3 Theilen Sand, 6 Theilen Kies, in die Form eingestampft und 1 Tag an der Luft getrocknet, sowie 27 Tage unter Wasser erhärtet, etwa das dreifache jener Festigkeit besass; es wird also durch das Stampfen der Beton wesentlich verbessert.

Die Druckfestigkeit des Betons verhält sich zur Zugfestigkeit wie 9:1—10:1, daher soll man den Beton so verwenden, dass er möglichst nur Druckspannungen erhält; treten in ihm Zugspannungen auf, so bekommt er leicht Risse und Sprünge.

Die Scherfestigkeit ist etwa $1^1/_5$—$1^1/_4$mal grösser als die Zugfestigkeit, beträgt also nur etwa $^1/_7$ der Druckfestigkeit. Die Biegungsfestigkeit wurde (nach der »Baugewerkszeitung«, 1889, S. 433) bei Treppenstufen aus einer Mischung von 1 Theil Cement, 4 Theilen Sand und einer Höhe von 17·5—18·5 *cm*, bei einer Breite von 30—33 *cm* und einer freitragenden Länge von 150 *cm* untersucht und hierbei gefunden, dass eine auf die Mitte der Stufe aufgelegte Last von 702 *kg* einen Bruch herbeiführte.

Von der »Vereinigung der Betonbauer« zu Hamburg ist die nachstehende Tabelle für die zulässigen Beanspruchungen von Stampfbeton-Constructionen aufgestellt worden.

Tabelle IV.

Mischungsverhältnisse in Raumtheilen	Ungefährer Cementverbrauch auf das Cubikmeter Stampfbeton in Kilogramm	Garantirte Festigkeit in Kilogramm für das Quadratcentimeter Querschnitt									Bemerkungen
		auf Druck			auf reinen Zug			auf Abscherung			
		nach einer Erhärtungsdauer von									
		1	4	52	4	13	52	1	4	52	
		Wochen			Wochen			Wochen			
Geringer Beton:											
Cement Elbsand Ziegelbrocken											
1 : 7 : 9	110	—	1	3	—	—	—	—	—	—	Anwendbar nur für Fundamente untergeordneter Gebäude und als Füllbeton
1 : 5 : 7	150	—	2·5	5	—	—	—	—	—	—	
1 : 3 : 4·5	230	2·5	7	7	—	—	—	—	—	—	
1 : 2·5 : 4	270	3	7	7	—	—	—	—	—	—	
Mittlerer Beton:											
Cement Elbkies											
1 : 15	110	—	2	4	—	—	—	—	—	—	Anwendbar für Fundamente besserer Gebäude, für Betonplatten auf Grundpfählen, für Unterlagen unter Strassen-Eisenbahnschienen
1 : 10	160	1	4·5	7	—	—	—	—	—	—	
1 : 8	200	2·5	7	9	—	—	—	—	—	—	
1 : 7	230	3	9	12	—	—	—	—	—	—	
1 : 6	270	4	10	13	—	—	—	—	0·5	2	
1 : 5	320	5	12	15	—	—	—	—	1	4	
1 : 4	400	6	15	20	—	—	—	0·5	2	6	
Guter Beton:											
Cement Grubenkies-Kiesel											
1 : 7 : 7	130	5	10	20	—	—	—	—	—	—	Anwendbar wie vorher; ausserdem zu Maschinenfundamenten, gewölbten Brücken kleinerer Abmessungen, Wasserbehältern
1 : 6 : 6	150	7	15	23	—	—	1	—	0·5	2	
1 : 5 : 5	180	8	17	25	—	0·5	2	—	1	4·5	
1 : 4 : 4	225	10	20	30	—	1	4	—	1·5	7	
1 : 3 : 3	300	13	25	40	—	1·5	5	0·5	2	9	
Bester Beton:											
[illegible]											

Ausgiebigkeit. Hauenschild (siehe »Handbuch der Architektur«, a. a. O., S. 182) fand folgenden Bedarf an Bindemittel:

Tabelle V.

Mischungsverhältniss nach Raumtheilen			Portlandcement	Romancement	Hydraulischer Kalk
Cement	Sand	Kies	in Kilogramm für 1 Cubikmeter Beton		
1	1	2	—	385	—
1	2	4	280	200	190
1	2	5	245	—	168
1	3	6	185	—	130
1	4	9	128	—	—
1	6	12	93	—	—

§ 234. Bereitung des Betons.

Soll Fettkalkbeton (Kalkpisé) bereitet werden, so stellt man zunächst aus Kalkbrei, wenig Wasser und der für den Beton bestimmten Sandmenge durch Hand- oder Maschinenarbeit einen gleichmässigen (gleichfarbigen) Mörtel her und vermengt hierauf denselben mit gehörig angenässten Steinbrocken oder Kies, oder man schüttet den Mörtel über diese Füllstoffe und arbeitet die Masse mit zwei- oder dreizackigen Rechen sorgfältig durch.

Bei Verwendung von Staubkalk, zu Staub gelöschtem hydraulischen, beziehungsweise magerem Kalk, Trass, Roman- oder Portlandcement wird das Mörtelpulver trocken mit der erforderlichen Sandmenge vermischt, dann die genau bestimmte Wassermenge hinzugesetzt und endlich dem auf diese Weise bereiteten Mörtel der angenässte Kies- oder Steinschlag beigemengt, sowie die Mischung gehörig durchgearbeitet und geknetet.

Bei Herstellung von Cementkalkbeton kann man entweder Kalkbrei mit der für den Cementzusatz nothwendigen Wassermenge (auf 1 Raumtheil Portlandcement $^1/_4$—$^1/_2$ Raumtheil Wasser, je nach der Beschaffenheit des Kalkes, nämlich ob derselbe fett oder mager ist) verdünnen und in denselben zuerst den Cement und dann den Sand einrühren oder Cement und Sand trocken mit einander vermischen und dem Gemenge den verdünnten Kalkbrei hinzusetzen.

Eine nicht so innig vermischte und gleichmässige Masse erhält man bei der unmittelbaren Betonbereitung, bei welcher man sämmtliche Stoffe gleichzeitig unter allmäligem Wasserzusatz durcharbeitet. Dieses Verfahren muss angewendet werden bei Benutzung von rasch bindendem Cement, und sie empfiehlt sich bei Platzmangel und wenn bereits eine Mischung von Sand und Kies zur Verfügung steht.

Endlich kann man auch bei Herstellung von Betonmauern den fertigen Cementmörtel in Formkästen schütten und die Steinstücke lagenweise eindrücken.

Immer ist der Beton mit einem nur so grossen Wasserzusatz zu bereiten, dass die Masse die nothwendige und genügende Formbarkeit und nach sorgfältigem Stampfen eine durch die ausgepresste Feuchtigkeit

glänzende Oberfläche erlangt. Wird der Cement so trocken angemacht, dass er nur wie feuchte Gartenerde aussieht, so ist ein sehr kräftiges Stampfen nothwendig, um eine feuchte Oberfläche zu erzielen und eine gleichmässige, elastische Masse zu erhalten. Erhält der Beton einen so grossen Wasserzusatz, dass er schon bei seiner Durcharbeitung feucht glänzt oder gar halbflüssig wird, so lässt sich derselbe nicht stampfen und trocknet und erhärtet nur langsam.

Die Bereitung des Betons erfolgt oftmals auf einem 8—10 *m* langen und 3—4 *m* breiten, gedielten Boden und in der Weise, dass man an der einen Schmalseite den Cementmörtel bereitet, indem man den Sand in einer dünnen, aber gleich hohen Schicht ausbreitet und darüber das Cementpulver schüttet und einebnet, hierauf diese beiden Stoffe zunächst trocken, dann unter Wasserzusatz (durch Bebrausen) zu einer gleichmässigen, keine hellfarbigen Streifen zeigenden Masse durcharbeitet und auf dieselbe den angenässten Kies oder Steinschlag in gleichmässiger Dicke aufbringt, sodann das Ganze mittelst Rechen bis ans andere Ende des Bretterbodens zieht, wobei die herabfallende Füllmasse von der Mörtelmasse bedeckt und liegen gebliebene Steine und Mörtelreste wieder auf den Haufen geschüttet werden, und endlich die ganze Masse noch einmal über den Boden bis ans andere Ende bewegt. Ein anderes Verfahren besteht darin, dass man auf den Arbeitsboden zuerst die Steine oder den Kies ausbreitet, über diese Füllmasse den Mörtel gleichmässig vertheilt und das Ganze mindestens zwei- bis dreimal durchschaufelt.

Vortheilhaft ist die Verwendung von Mischmaschinen, weil dieselben eine innige Mischung bei grösster Leistungsfähigkeit gewährleisten. Nach Sonne soll man, um ökonomisch zu verfahren, solche Maschinen benutzen, wenn auf längere Zeit täglich mehr als etwa 10 m^3 Beton zu bereiten sind. Meistens wird der Mörtel für sich in eigenen Maschinen bereitet und nur die Vermengung des fertigen Mörtels mit der Füllmasse in Betonmaschinen mittelst Durcheinanderschütteln bewirkt.

In einfachster Weise besteht eine Betonmaschine aus einem vier- und mehrseitigen Holzkasten oder einer Holztrommel mit gutem, eisernem Ge-

sich namentlich die von C. Schlickeysen in Berlin construirte Betonmaschine mit oder ohne Elevator.

Diese Maschine besteht aus zwei, mit Rechen und Schaufeln versehenen, oben aufgeschlitzten und mit Rosten, welche das Hineingerathen grosser Stücke verhindern sollen, ausgestatteten, feststehenden Trommeln, die nach Art der Thonschneider eine sehr innige, gleichmässige Mischung der Stoffe bewirken. Mittelst dieser Maschine ist eine sehr schnelle Herstellung des Betons möglich, indem vom Einschütten des trockenen Cementpulvers und Sandes bis zum Ausschütten des Betons nur etwa eine Minute vergeht und man täglich bis über 300 m^3 Beton zu liefern im Stande ist. Ausserdem kann diese Maschine auch zur Bereitung eines jeden Bau-Mörtels benutzt werden. Der Betrieb ist folgender: Sand und Cement werden am besten mittelst kleiner Gefässe, deren Inhalt dem Mischungsverhältnisse entsprechend gewählt wird, in gleichen Zeiträumen am hinteren Ende des kleineren Mischcylinders eingeschüttet, dessen Inhalt dann gut gemischt am vorderen Ende des Cylinders, entweder trocken oder kurz vorher durch Wasserzufluss angefeuchtet, in den grösseren Mischcylinder ausgeworfen wird; hier wird der Kies oder Steinschlag durch Umkippen der Transportgefässe auf das Gitter, gleichfalls in regelmässigem Tempo, in den Betonmischer gestürzt, durch dessen kräftige Schaufeln mit dem Mörtel zusammengemischt und das Ganze an das hintere Ende des Cylinders gebracht und hier, wenn kein Elevator vorhanden ist, ausgeworfen oder, wenn ein solcher mit der Maschine verbunden ist, in die einzelnen Kästen desselben geschüttet.

Figur 415 stellt diese Maschine ohne Elevator dar.

§ 235. Verwendungen des Betons.

Gut bereiteter Beton besitzt viele Vorzüge: er ist bei Temperatur- und Witterungswechseln genügend volumenbeständig, kann eine ziemlich hohe Wärme vertragen, ist luft- und wasserdicht, lässt sich in fast jeder Form (mit Hilfe von Formkästen) herstellen, besitzt grosse Festigkeit und Dauerhaftigkeit, selbst wenn er dem Wellenschlage ausgesetzt ist, und kostet oftmals weniger als Steinkörper. Man verwendet ihn zu Wasserbauten aller Art, namentlich zu Gründungen unter Wasser für Schleusen, Brückenpfeiler, Wehren, Quai- und Stützmauern, Trockendocks, Thalsperren, auch zu Luftdruck- und Brunnengründungen, zu Fundamenten für Maschinen, Dampfhämmer, Dampfschornsteine u. s. w., sodann zur Herstellung von Decken zwischen Eisenträgern, zu Gewölben, flachen Dächern, Plattformen, Estrichen, künstlichen Steinen, namentlich zu Fussboden- und Trottoirplatten, Treppenstufen, Blöcken für Hafenbauten (Dämmen, Molen, Wellenbrechern u. s. w.), zu Fangedämmen zum Schutze der Baugruben gegen Ueberfluthungen bei Hochwasser, ferner zu Ornamenten und Säulen, zu Röhren, Canälen, Rinnen (z. B. für Turbinen), auch zu Wasserleitungshochbehältern, Filteranlagen, Klär- und Kühl-, sowie Gasometerbehältern, endlich zu ganzen Häusern und Brücken (auch schiefen), Aquäducten, Thurmhelmen u. s. w.

Betonbauten **über** Wasser dürfen während ihrer Erhärtung weder den Einwirkungen von Hitze oder Kälte, noch einer zu schnellen Austrocknung ausgesetzt werden, weil dadurch der Beton Schaden erleidet; sie sind vielmehr gegen Hitze und Trockenheit zur Vermeidung von Haarrissen durch

Anfeuchtung, und gegen Frost durch Bedecken mit Sand, mindestens acht Tage lang zu schützen.

Bei Gründungen in trockenen oder nur feuchten Baugruben wird die fertige Betonmasse eingeschaufelt oder mit Handmulden eingebracht. Die Verwendung von Hand- und Kippkarren empfiehlt sich hierzu weniger, weil die Betonmasse beim Schütten eine gewisse Höhe durchfallen muss, wobei sie sich unter Umständen (namentlich bei Benutzung schwerer Steine als Füllmasse) entmischen kann. Der eingebrachte Beton wird eingeebnet und mit hölzernen Handrammen gedichtet. Oder es werden etwa 10—20 *kg* schwere, lagerhafte, gereinigte und angenässte Steine in das Mörtelbett senkrecht zur Druckrichtung eingedrückt, so dass sie beim darauffolgenden Stampfen sich nicht in der Mörtelmasse drehen können und ein sattes Lager erhalten. Die unterste Schicht erhält hierbei eine Dicke von etwa 30—40 *cm* und besteht am besten aus einem Mörtel ohne Steinzusatz. Die Baugrube ist auszuschalen, wenn das sie umgebende Erdreich elastisch ist, d. h. dem Drucke ausweicht, und sie ist bei trockenem Erdreich vor Einbringen des Betons anzunässen, auch müssen etwa vorhandene Schalungen aus Holz oder Steinverkleidungen mit Wasser benetzt werden.

Zu Gründungen ist Beton vorzüglich geeignet, weil er alle Vertiefungen der Baugrube ausfüllt und alle Erhöhungen derselben umschliesst, so dass ein tieferes Ausheben der Fundamentgräben überflüssig ist. Bei wenig nachgiebigem (pressbarem) Baugrund vermag eine 1 *m* hohe Betonschicht einen Druck von 4—5 *kg* für das Quadratcentimeter mit Sicherheit aufzunehmen, bei nachgiebigem Baugrund dagegen nur etwa 2·5 *kg* für das Quadratcentimeter. Bei geringer Belastung genügt schon eine Schicht von 50—60 *cm*, für gewöhnliche Wohnhäuser oft eine solche von 75—100 *cm* Höhe. Es ist gut, das Betonfundament möglichst breit anzulegen, und nothwendig, den verlegten Beton anzunässen.

Wände kann man aus künstlichen Steinen, die aus Betonmasse in Formkästen erzeugt, festgestampft und zweckmässig nach ihrer Erhärtung wiederholt mit verdünntem Wasserglas bestrichen werden, in der Weise herstellen, dass man diese Steine in richtigem Verbande aufeinandersetzt und ihre Fugen mit Cementmörtel dichtet. Für hohle Mauern empfiehlt sich die Verwendung der von J. J. Lish erfundenen **Z**-förmigen Betonsteine, welche in Figur 416 im Grundriss dargestellt sind. (Siehe »Building news«, Bd. XXXVII, S. 411.)

Weit häufiger jedoch wendet man Betongussmauerwerk an. Eine weniger gleichmässige, minder feste Masse erhält man, wenn man flüssigen Cementmörtel lagenweise in die Formkästen schüttelt und in jede Lage Steinbrocken (Schotter, Schlacken u. s. w.) eindrückt. Ist auf diese Weise eine etwa 60 *cm* hohe Schicht aus mehreren Mörtellagen und Steinpackungen erreicht, so wird die Masse durch leichtes Rammen gedichtet. Die Anwendung bieses Verfahrens empfiehlt sich nur, wenn möglichst schnell und billig gedaut werden soll.

Besser ist es jedoch, die Wand aus vorher fertiggestellter Betonmasse herzustellen. Dies geschieht meistens in folgender Weise: Man stellt in Entfernungen von etwa 1·75 *m* 3—4 *m* hohe, am besten eiserne Ständer, genau senkrecht und in zwei Reihen in einem der Mauerdicke entsprechenden Abstande auf und verbindet dieselben mit durchlochten Flachschienen und Bolzen (oder mit durch Röhren gesteckten Bolzen) und versteift sie nöthigen-

falls mit Streben und Querriegeln. An diesen Leitständern befestigt man in leicht lösbarer Weise am besten ebenfalls eiserne (aus 2 *mm* starkem Blech bestehende) Formtafeln von 45—65 *cm* Höhe und schüttet zwischen dieselben den Beton in nur 10—30 *cm* hohen Lagen ein, so dass dieselben gut gestampft werden können.

Bei der Herstellung von Wänden aus Betonguss hat man ein starkes Stampfen zu vermeiden, weil dasselbe starke Erschütterungen erzeugt, durch welche die unteren, bereits abgebundenen Betonschichten in ihrer weiteren Erhärtung leicht gestört werden können, namentlich, wenn geringe Schichtenhöhen gewählt wurden. Das Schütten und Stampfen des Betons ist möglichst ununterbrochen auszuführen, damit sich die einzelnen Schichten gut mit einander verbinden. Ist eine Unterbrechung unvermeidbar, so muss die ältere Schichtenstrecke, wenn sie durch erneutes Stampfen nicht wieder elastisch wird, mit eisernen Rechen oder Drahtbesen aufgekratzt und von allen lockeren Theilen sorgfältig gesäubert werden; hierdurch erfolgt eine Vermehrung der Adhäsionsflächen.

Empfehlenswerth ist es, auf die aufgekratzte und gereinigte Betondecke vor dem Aufbringen der neuen Betonschicht eine dünne Lage Cementmörtel aufzutragen.

Sobald der Raum zwischen den Formtafeln ganz mit Beton ausgefüllt ist, werden die Tafeln von den Leitständern abgelöst, gehoben und von Neuem befestigt, worauf die Schüttung der neuen Betonlage erfolgt. Dies wiederholt sich so oft, bis die ganze Stockwerkshöhe erreicht ist. Dann werden die Leitständer höher gerückt.

Zur Baustelle wird der Beton in grossen Eimern oder tragbaren Kästen gebracht. Um eine möglichst glatte Wandfläche zu erhalten, werden die Formtafeln auch wohl innen glasirt.

Für die am Gebäude vorkommenden Ecken verwendet man meistens besondere Winkelplatten, für Maueröffnungen entweder eigene, demnächst wieder zu entfernende und mit den Formtafeln verbundene Brettformen oder Umfassungen aus Backsteinen oder Betonquadern, für Schornsteine herausziehbare Blechcylinder, die entweder aus zwei keilförmigen Stücken bestehen oder gespalten sind und dann durch Bewegung eines Doppelhebels verengert werden, worauf man sie leicht aus der Betonmasse herausziehen kann. Zur Befestigung der Thür- und Fensterfutter werden in die Betonmasse, und zwar beim Schütten derselben, Holzdübel eingesetzt, für die Balkenköpfe in der Betonmasse Löcher und für weit ausladende Gesimse, welche mit Backsteinen vorgemauert werden müssen, Nuthen durch Einlegen von später wieder zu beseitigenden Holzstücken ausgespart. Mitunter versieht man die Betongusswände noch mit einem 10—15 *mm* dicken Cementputz (aus 1 Theil Cement, 1—2 Theilen Sand), nachdem man sie zuvor gereinigt und aufgerauht hat; durch einen solchen Putz wird die Wasserdichtigkeit der Wand erhöht. Auch Betonwände mit Quader- oder Backsteinverblendung kommen zur Ausführung; hierbei mauert man zuerst die Verblendungen auf und füllt dann ihren Zwischenraum mit Betonmasse aus.

Verwendet man statt der eisernen Ständer und Formtafeln solche aus Holz, so kann man dieselben meistens nur einmal mit Vortheil benutzen, weil sich die Hölzer durch Aufnahme von Wasser aus der Betonmasse leicht werfen,

jedenfalls besitzen hölzerne Formgerüste eine geringere Widerstandsfähigkeit und bedürfen vieler Ausbesserungen.

Wohnhäuser aus Beton sind namentlich in der Umgegend von Berlin, in Salzburg und Reichenhall, auch in Württemberg (aus Leube's Romancement), in England u. s. w. hergestellt worden. In England besitzen die Betonhäuser bis zu fünf Geschossen; ihre Aussenmauern sind unten vielfach nur etwa 54 *cm* dick und ihre Stärke nimmt nach oben auf 39 und 27 *cm* ab. Als Vorzüge der Betonhäuser werden von den Erbauern angeführt: schnelle Ausführung, Schutz gegen Schlagregen und Feuchtigkeit bei dickeren Aussenwänden, Feuerbeständigkeit nach vollständiger Erhärtung, grosse Dauerhaftigkeit bei Verwendung von gutem Cement, sehr geringe Unterhaltungskosten, Schutz gegen Ungeziefer, schnelle Bewohnbarkeit wegen des raschen Austrocknens der Betonmasse u. s. w. Als Nachtheile dürften gelten: Feuchtigkeit und Kälte bei zu dünnen Aussenwänden und Verwendung von zu porösem Beton, geringe Haltbarkeit in Ländern mit sehr heissem und sehr trockenem Klima (weil Beton Feuchtigkeit zu seinem sicheren Bestande braucht), Nothwendigkeit einfacher Grundrissformen (weil sonst die Herstellung zu umständlich und kostspielig wird), schwere Ausführbarkeit späterer Veränderungen (wegen der ungemein harten und festen Betonmasse), unschönes Aussehen u. s. w.

Wird zur Betonbereitung ein nicht zu fetter Mörtel verwendet, so werden die Häuser nicht leicht feucht.

Noch erwähnt mag werden, dass die Porosität des normalen Betons (nach Lang) 19% beträgt.

(Näheres über die Ausführung von Betonhäusern findet man im »Handbuch der Architektur«, III. Theil, 2. Bd., Heft 1, S. 128—145.)

Beton-Estriche werden am zweckmässigsten wie solche aus Cementmörtel hergestellt, d. h. man bildet den Belag nicht aus einer einzigen zusammenhängenden Masse, sondern aus 2—4 m^2 grossen Stücken, die man durch elastische Stoffe (Theerpappe, Weichholzstäbchen u. s. w.) von einander trennt, damit sie vor Sprüngen bei Ausdehnungen in der Wärme oder

Witterungseinflüsse zu schützen, belegt man sie oft noch mit Dachpappe oder einem anderen, zur Dacheindeckung geeigneten Baustoff.

Erwähnenswerth ist die Bimssand-Betondecke von Karl Lüttgen in Aachen, welche auf einer einfachen glatten Einschalung aus einer Mischung von 1 Theil Cement, 1 Theil Sand und 5 Theilen Bimssand bei geringeren Spannweiten und aus einer solchen von $1^1/_2$ Theilen Cement, $1^1/_2$ Theilen Sand und 3 Theilen Bimssand bei Spannweiten von 2 *m* und darüber zwischen I-Trägern hergestellt werden. Diese Betonmasse enthält zur Erhöhung der Tragfähigkeit und Steifigkeit Einlagen von verzinkten und durchlochten Flacheisen, welche gewöhnlich 1 *mm* dick und 50 *mm* hoch sind, in Abständen von 200 *mm* cylindrische Durchlochungen von 20 *mm* Durchmesser besitzen und in zwei Lagen übereinander, in einem Abstande von 300—500 *mm*, senkrecht stehend und sich unter 90° kreuzend angeordnet sind; die untere Lage steht normal und die obere läuft parallel zu den I-Trägern. Eine solche Decke wiegt bei 15 *cm* Stärke 140 *kg* und bei 22 *cm* Stärke 200 *kg* für das Quadratmeter.

Bei Betonbauten **unter** Wasser ist die Masse in einer so hohen Schicht in die Baugrube einzubringen, dass ihr Gewicht dem auf ihre Sohle wirkenden Wasserdruck (von unten) gleichkommt. Franzius hält eine Stärke von $^1/_4$—$^1/_2$ der Druckhöhe je nach der Dichtigkeit des Baugrundes für ausreichend, während Andere eine Stärke von 0·63 bei Verwendung von Backsteinschotter und von 0·50 bei Verwendung von Bruchsteinschotter oder eine fettere Mörtelmischung für nothwendig erachten.

Während des Schüttens und auch noch 24 Stunden lang nachher soll man die Baugrube möglichst trocken halten, um den Beton leicht einbringen und feststampfen zu können. Durch das Feststampfen wird eine grössere Gleichmässigkeit, Dichtigkeit und Festigkeit des Betons erreicht, auch eine billigere Herstellung des Fundamentes erzielt, weil man einen magereren Beton verwenden kann. Durch einen Zusatz von hydraulischem Kalk zur Betonmischung lässt sich die Wasserdichtigkeit erhöhen.

Das aus der Sohle der Baugrube emporsteigende Wasser ist durch Drainröhren u. s. w. abzuleiten oder auszupumpen; seitlich hervordringende Quellen müssen durch wasserdichte Leinwand oder mittelst schnell bindenden Cement verstopft oder durch aufgesetzte Röhren mit freiem Auslauf entfernt werden.

Es empfiehlt sich, schnell bindenden Cement und eine Mischung aus $1^1/_2$ Theilen Cement, $2^1/_2$ Theilen Sand und 4 Theilen Schotter oder, wenn der Beton eine besonders grosse Festigkeit besitzen soll, aus 1 Theil Cement, 2 Theilen Sand und 2 Theilen Schotter zu verwenden und die erste, etwa 40 *cm* hoch anzulegende Schicht aus einer noch fetteren Masse zu bilden. Der Schotter soll aus möglichst gleich grossen und gleich schweren Steinstücken bestehen, weil sich schwerere Steine beim Einschütten der Betonmasse leicht ausscheiden und die unterste Lage einnehmen. Innerhalb der Baugrube dürfen Strom- und Wirbelwirkungen nicht eintreten; in fliessendem Wasser kann man nicht betoniren.

Um den Beton gegen Ausspülungen (Entmischungen) in fliessendem Wasser und vor dem Stosse schwimmender Körper zu schützen, hat man die Baugrube mit zum mindesten bis zur Höhe des Niedrigwasserstandes reichenden Spund- oder Bohlwänden oder Fangedämmen zu umschliessen. In England

hat man zur Verhütung von Auswaschungen beim Nassbetoniren den ziemlich trocken angemachten Beton in Kästen geschüttet, fest gestampft und erst versenkt, nachdem er während einer Zeit von 2—5 Stunden erhärtet war (sogenannter plastischer Beton). Statt durch Spundwände und Fangedämme ist auch die Baugrube mehrfach durch Segeltuch, welches mit einer Mischung aus 10 Gewichtstheilen Theer und 1 Gewichtstheil Terpentin wasserdicht gemacht war, umschlossen worden, endlich hat man frischen und fetter angemachten Beton in Säcke von 14—30 m^3 Inhalt geschüttet oder mit Segeltuch umhüllt (sogenannter Sackbeton) und mit diesen Umhüllungen unter Wasser versenkt. Letzteres Verfahren wurde besonders bei Ausbesserungen alter Betonschüttungen mit Vortheil angewendet.

In den meisten Fällen jedoch wird der Beton mittelst hölzerner oder eiserner Kästen, Körbe, Säcke u. dergl. in möglichst grossen Portionen versenkt und es werden diese Gefässe erst dicht über der zu betonirenden Stelle entleert. Zum Einbringen kleinerer Massen benutzt man Kästen von etwa 40 *l* Inhalt, die an Stangen herabgelassen werden; mit ihnen können 8 Arbeiter täglich 12—13 m^3 Betonfundament herstellen. Bei Betonirungsarbeiten in Kiel benutzte man Senkkästen von je 0·75 m^3 Inhalt, mit denen pro Stück etwa 11 m^3 Beton unter Wasser gebracht wurden; bei den Hafenbauten in Dublin und zu Wick wurden Kästen von 4 m^3 Inhalt verwendet. Mit einem Sack (aus starker, getheerter Leinwand) von 150 *l* Inhalt lassen sich etwa 1·4 m^3 Beton täglich versenken. Man benutzt auch Blechkübel von je $^1/_2$—1 m^3 Inhalt, ferner Röhren mit trichterförmigen Ansätzen, sodann hohe Trichter aus Holz oder Eisen, die den Vorzug haben, den Beton gegen Auswaschungen zu schützen, jedoch den Nachtheil einer weniger dichten Ablagerung des Betons als z. B. bei Kastenschüttung besitzen; um diesen Uebelstand zu beseitigen, hat man am unteren Ende der Trichter ein paar Walzen zum Glätten und Verdichten der Betonoberfläche angebracht.

Die Versenkung des Betons erfolgt in einzelnen Lagen von nicht weniger als 60 *cm* Dicke; hierbei ist zu beachten, dass schnell erhärtender Beton in stärkeren Lagen als langsam erhärtender verlegt werden kann. Vor dem Einbringen einer neuen Lage muss der entstandene Betonschlamm durch Sackbagger beseitigt werden. Beim Cementmörtelbeton bildet sich mehr Schlamm als wie beim Trassmörtelbeton. Liegt auf der Sohle der Baugrube eine höhere Schlammschicht, welche sich nur unter Aufwendung grosser Kosten beseitigen lässt, so empfiehlt sich die Anwendung einer Steinschüttung und darüber der Aufbau der Mauer mittelst Betonblöcken.

Beton erhärtet unter Wasser viel langsamer als an der Luft; besonders verzögert sich die Erhärtung, wenn die Temperatur des Wassers eine niedrige ist.

Betonbauten, welche beständig der Einwirkung von Seewasser ausgesetzt sind, werden aus einer Mischung von 1 Theil Cement, 2 Theilen Sand und 3 Theilen Kies oder Schotter hergestellt und durch starkes Stampfen möglichst gut gedichtet. Bei Hafenbauten (Molen, Wellenbrechern u. s. w.) benutzt man gern schwere Betonblöcke von mindestens 2 m^3 Inhalt (bis 100 m^3 und sogar darüber), dieselben müssen vollständig frei von Rissen sein, damit nicht das Meerwasser in das Innere der Betonmasse eindringen kann, und werden zur Erhöhung ihrer Wasserdichtigkeit an ihren Aussenflächen aus einer fetteren Mischung hergestellt als in ihrem Kern. Der Bau mittelst Blöcken hat vor dem Betonpisébau den Vorzug, dass er überall ausführbar und die Bauzeit eine kürzere

ist und dass die Betonmasse eine grössere Dichtigkeit und Festigkeit besitzt, dagegen den Nachtheil grösserer Kostspieligkeit wegen der theuren Maschinen und Apparate (z. B. Krahne, Taucherapparaten u. s. w.), die zu seiner Herstellung benutzt werden müssen. Das Versetzen der Blöcke hat mit derartig construirten Hebezangen oder Wölfen zu geschehen, dass durch sie die Betonmasse nicht zu stark auf Scherfestigkeit beansprucht wird.

Vorzüglich geeignet ist der Beton auch zur Herstellung wasserdichter Keller; hierbei hat man für einen möglichst guten und dichten Anschluss des Betonfussbodens an die Umfassungswände und etwaiger Pfeilerfundamente zu sorgen, der viele Schwierigkeiten bereitet, wenn das Gebäude auf einem nachgiebigen Baugrund errichtet ist. Auch wasserdichte Unterlagen für Estriche, Plattenbeläge, Stein-, Asphalt- und Holzpflasterungen u. s. w. werden aus Beton gefertigt, ferner Röhren und Strassencanäle u. s. w. Die Betonröhren werden in derselben Weise wie die Cementröhren hergestellt; sie erhalten zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen nicht zu vermeidende Erschütterungen bei wenig tiefer Lage unter der Erdoberfläche eine Mindestwandstärke von 5 *cm* und werden aus einer Mischung von 1 Theil Portland-, Roman- oder Schlackencement, 2 Theilen Sand und 3—4 Theilen Kies von 2—3 *cm* Korngrösse bereitet. Die Canäle stellt man am besten aus einer einzigen, zusammenhängenden Masse mittelst verschiebbarer Formen her, doch werden dieselben auch vielfach aus einzelnen Stücken eirunden oder kreisringförmigen Querschnittes gebildet, welche man in einander schiebt und mit Cementmörtel verfugt.

§ 236. Feuerfester Mörtel.

Für Feuerungsanlagen (Schmelzöfen, Brennöfen, Backöfen, Küchenherde, Stubenöfen, Kesseleinmauerungen u. s. w.) können Kalk- und Cementmörtel nicht verwendet werden, weil sie nicht feuerbeständig sind, auch Gypsmörtel eignet sich für diesen Zweck nicht, dagegen ist Lehmmörtel für gewisse Feuerungsanlagen (z. B. Schornsteine, Herde, Stubenöfen, Brandmauern) recht brauchbar. Weit besser, freilich auch weit theuerer, sind die sogenannten feuerfesten Cemente, bei denen man natürliche und künstliche unterscheidet.

Zu den natürlichen feuerfesten Cementen oder Mörteln gehören:

1. Der Klebesand oder Schmierthon, ein Quarzsand mit grösseren oder geringeren Beimengungen von stark bindendem Thon, welcher eine plötzliche Erhitzung vertragen kann, ohne abzuspringen oder rissig zu werden. Zu diesem feuerfesten Thon gehören z. B. die hessischen Thone vom Mönchsberg, von Grossalmerode u. s. w.

2. Der Ganister, ein thonhaltiges, kieseliges, graues oder graubraunes, auch röthlich gefärbtes natürliches Gestein, das bei Sheffield und Dowlais in England vorkommt und nach Baker aus 94·4% Kieselsäure, 4·21% Thonerde, 0·70% Eisenoxyd (und 0·69% Glühverlust) besteht. Um die Schmierfähigkeit dieses pulverisirten und mit Wasser zu einem Mörtel angerührten Gesteins zu erhöhen, empfiehlt es sich — namentlich bei Benutzung des Dowlais-Ganisters — etwas feuerfesten Thon (bis 8%) dem Brei hinzuzusetzen.

3. Der Kratercement vom Herchenberge bei Brohl am Rhein, ein (vermuthlich durch das Feuer eines Vulkanes) gebrannter sandhaltiger Thon, welcher nach C. Bischof aus 86·35% Kieselsäure, 6·03% Thonerde, 0·68% Eisenoxyd, 2·38% Wasser und 4·57% nicht bestimmbaren Stoffen besteht.

Zu den künstlichen feuerfesten Cementen rechnet man:

1. Den Chamottemörtel aus einem Gemenge von trockenem, pulverisirtem thonerdereichem Thon oder aus gebranntem gemahlenem Kaolin oder aus zerstossenen Chamottestein-Bruchstücken oder Porzellankapseln und Bindethon mit Wasser. Dieser Mörtel bindet nicht ab; es besitzt deshalb das mit ihm aufgeführte Mauerwerk keine grosse Festigkeit und muss daher mit möglichst engen Fugen hergestellt werden.

Viel verwendet wird der feuerfeste Mörtel von Kayser in Darmstadt, welcher aus 30·5% Thonerde, 62·1% Kieselsäure, 0·07% Magnesia, 0·45% Kalk, 1·61% Eisenoxyd und 1·10% Kali zusammengesetzt ist.

2. Den Kaolincement von Haupt & Lange in Brieg. Derselbe besteht aus scharf (bei Weissgluth) gebranntem schlesischen Schieferthon und Kaolin, besitzt einen Thonerdegehalt von 43—48% und wird mit Wasser zu einem dünnen Teige angemacht und sorgfältig gemischt.

3. Den Phönix-Chamottecement der Fliesenfabrik zu Eisenberg in der Rheinpfalz, welcher einen reinen Thonmörtel darstellt.

4. Den Lürmann'schen Mörtel, der aus einem Gemenge von Kalk, Dolomit, Cement, Hochofenschlacke, Glas u. s. w. besteht, dem Sand, Thon und Chamotte hinzugesetzt wird. Dieser Mörtel schmilzt schon bei mässiger Erhitzung, ist demnach nicht feuerfest und nur zu Feuerungsanlagen verwendbar, in denen nur eine geringe Hitze erzeugt wird.

5. Den künstlichen Ganister aus einem Gemenge von zerstossenem Sandstein oder Quarz und wenig feuerfestem Thon.

6. Das plastische Dynaskrystall, ein feuerfester Kitt aus 87% Kieselsäure, mehr als 7% eisenhaltiger Thonerde und 1% Kalk. Es stellt ein schwach gelblichgraues, schweres Pulver dar, das — mit Wasser angemacht — einen gut formbaren Teig liefert, welcher schnell erhärtet und helle

oder Steinöl und enthält 67—88% Kohlenstoff, 7—10% Wasserstoff und 2—23% Sauerstoff. Es wird angenommen, dass Asphalt durch Oxydation aus Erdöl entstanden sei, und dass letzteres, aus dem — nebenbei bemerkt — durch Destillation das Petroleum gewonnen wird, sich durch Zersetzung und Umwandlung organischer Stoffe gebildet habe. Asphalt kommt in der Natur nur sehr selten als ein reines bituminöses Harz vor und ist meistens mit Sand, Kalk, Thon, Mergel u. s. w. verunreinigt; er bildet mit diesen Stoffen ein Gestein. Er wird meistens aus dem Asphaltstein, einem reinen, kalkigen, mit Asphalt gleichmässig imprägnirten Gestein, oder aus einem mit Asphalt zum Zusammenbacken gebrachten feinen Kalksand durch Auskochen mit Wasser oder Ausschmelzen gewonnen. Unter Bitumen versteht man insbesondere den in äusserst feiner Vertheilung in Schichtgesteinen oder im Sand vorkommenden, aus dem Stein oder Sand ausgezogenen Asphalt (Bergtheer, Erdharz). Wird diese Masse durch Ausschmelzen oder mittelst Schwefelkohlenstoff u. s. w. gereinigt oder auch mit geeigneten Stoffen versetzt, so erhält man den Goudron (Aspalttheer), zu dessen Bereitung man vorzugsweise gereinigten Trinidad-Asphalt mit Zusatz von dickflüssigen Rückständen der Petroleumraffinerie oder von dünnflüssigerem dunklem Paraffinöl benutzt.

Guter Goudron ist anthracitartig schwarzglänzend, erstarrt bei 10° *C.*, wird flüssig bei 40—50°, verliert bei einer Temperatur von weniger als 230° nur die leichteren Kohlenwasserstoffe, ohne sich weiter zu verändern, und verdampft erst bei einer Temperatur von mehr als 250° *C.*

Vorkommen: Asphalt wird hauptsächlich in Kalk- und Sandsteingebirgen verschiedener Formation (namentlich der Zechstein- und Triasformation) auf Klüften und Gängen oder lagerartig, auch auf Erzlagerstätten gefunden. Als bedeutendere Fundorte sind anzuführen in Deutschland: Limmer bei Hannover (Asphaltstein mit einem Bitumengehalt von 14·30%; in reinem Zustande braunschwarz, fest und etwas elastisch), Vorwohle in Braunschweig (Asphaltstein mit 8·5% Bitumengehalt), Iberg im Harz (auf Nestern von Spateisenstein), Lobsann im Elsass (Stein aus 88% eisenhaltigem, kohlensaurem Kalk und 12% schwarzem und sehr wenig elastischem Bitumen) — in Oesterreich-Ungarn: bei Spalato auf der Insel Brazza (brauner, ziemlich poröser Asphaltstein mit wenig glänzendem Bruch), Seefeld in Tirol, in Galizien und im Banat — in Italien: bei Ragusa auf Sicilien (Stein aus 91·08% kohlensaurem Kalk und 8·92% Bitumen), in der Provinz Casérta (Campanien) in der Nähe von Neapel (Rocca-Secca-Asphalt), Ceprano bei Rom — in der Schweiz: im Val de Travers im Canton Neufchâtel (Asphaltstein aus etwa 89% kohlensaurem Kalk und etwa 11% Bitumen) — in Frankreich: bei Seyssel im Departement de l'Ain (Stein aus 91·85% kohlensaurem Kalk und 8·15% hartem, glänzend schwarzem, etwas elastischem Bitumen), Bastennes im Departement des Landes (Kalksand mit 6—12% Bitumen), in der Auvergne u. s. w. — in Schweden: bei Dannemora — in Russland: bei Baku am Kaspischen Meer und im Kaukasus — in Spanien und Portugal — in Amerika: in Mexico und Peru — auf den Inseln Cuba, Barbadoes, Trinidad u. s. w. Auf letzterer befindet sich ein Pechsee (Pitch-lake) von etwa 800 *m* Länge, 200 *m* Breite und unerforschter Tiefe, dessen ganze glatte Oberfläche aus eisenhaltigem und mit 32—36% Asphalt imprägnirtem Sand besteht. Endlich ist noch das asphaltreiche todte

Meer in Kleinasien zu nennen, von welchem der Asphalt den Namen Judenpech erhalten hat.

Eigenschaften. Der Asphalt hat eine dunkelbraune bis pechschwarze Farbe, fühlt sich milde an, besitzt Fettglanz und riecht schwach bituminös. Er besitzt einen muscheligen Bruch, die Härte = 2 und das specifische Gewicht = 1·07—1·16. Asphalt bildet bei gewöhnlicher Temperatur (bis etwa 20° *C.*) eine anscheinend feste, spröde, undurchsichtige Masse, wird bei einer Temperatur von 20—40° zähe, fadenziehend und etwas plastisch, schmilzt bei etwa 100° *C.* und entzündet sich leicht. Er verbrennt mit leuchtender, stark russender Flamme und verflüchtigt sich bei einer Temperatur von mehr als 130°. Asphalt liefert bei trockener Destillation ein brenzliches Oel, das als Heilmittel gegen Lungenschwindsucht und als Schutzmittel gegen Kesselstein Verwendung gefunden hat, ferner unverbrennliche Gase und Kohle. Er löst sich in Erdöl, Petroleum, Benzin und in fetten ätherischen Oelen ganz oder nahezu vollständig auf und hinterlässt, wenn in Alkohol gelöst, einen schwarzen Rückstand (Asphaltin), welcher wieder in Erd- und Terpentinöl lösbar ist. Durch Schwefel- und Salzsäure wird Asphalt zersetzt und durch Aetzkali oder Aetznatron zum grossen Theil mit schwarzer Farbe aufgelöst; mit Aetzkalk geht er eine Verbindung ein. Asphalt ist ziemlich elastisch und leitet die Wärme schlecht; er ist lichtempfindlich, da er, dem Lichte längere Zeit ausgesetzt, die Eigenschaft verliert, sich in ätherischen Oelen aufzulösen. Er gehört zu den zähflüssigen Körpern und tritt in der Natur bald fest, bald flüssig auf; im letzteren Zustande kann er mit gewöhnlichem Theer leicht verwechselt werden.

Wird bituminöser Kalkstein erhitzt, so wird das Bitumen flüssig und die Cohäsion des Steines aufgehoben; der Kalkstein zerfällt in einzelne, nur durch das Bitumen zusammengehaltene, feinkörnige Theilchen, die sich nach ihrer Abkühlung und wenn sie einem starken Drucke ausgesetzt werden, wieder zu dem gleichen Gestein von derselben Consistenz und Härte vereinigen. Auf dieser Eigenschaft des Asphaltsteines beruht seine Verwendung zu Strassenbauten (Stampfasphalt). Setzt man dem erhitzten Asphaltstein etwas Bitumen hinzu, so erhält man einen dickflüssigen Teig, der nach dem Abkühlen hart wird. Diese Masse kann mit Sand oder Kies vermischt werden und dient in dieser Zusammensetzung ebenfalls zu Strassenbauten (Gussasphalt).

Verwendung. Asphalt wird in der Technik in der mannigfachsten Weise benutzt. Die Hauptverwendungsarten für den natürlichen Asphalt sind folgende:

1. Zu Fahrstrassen. Man stellt die Asphaltstrassen entweder aus Stampfasphalt oder aus Gussasphalt her.

a) Stampfasphalt (Asphalte comprimé). Hierzu ist der Limmerasphalt, weil er zu fett und zu weich ist, und auch der Vorwohler Asphalt nicht geeignet, dagegen wird der Asphalt aus dem Val de Travers und aus Seyssel zu Stampfasphaltstrassen mit Vortheil verwendet. Künstlicher Asphalt aus einer Mischung von möglichst reinem Kalkstein und reinem Bitumen wurde hierzu versuchsweise benutzt, hat sich jedoch nicht sonderlich bewährt.

Der natürliche bituminöse Kalkstein (Rohasphalt) wird in Schleudermühlen pulverisirt, gesiebt und dann in eisernen Trommeln, die über geschlossenem Feuer gedreht werden, auf der Baustelle möglichst schnell bis

auf etwa 130° *C.* erhitzt. Diese warme Masse schüttet man auf die Strassenunterlage etwa 8 *cm* hoch auf. Die Unterlage, welche möglichst eben und mit dem nothwendigen Seitengefälle (Wölbung) herzustellen ist, fertigt man aus Cementbeton (vielfach im Mischungsverhältniss von 1 Raumtheil Cement und 7—8 Theilen Grubenkies) in einer Stärke von 10—20 *cm.* Bevor das erhitzte Asphaltpulver aufgebracht wird, muss diese Betonunterlage vollständig ausgetrocknet sein. Das Asphaltpulver wird nach dem Abebnen durch Handrammen oder Walzen, die zur Verhütung eines Anbackens der Asphaltmasse durch ein angehängtes Kohlenbecken erwärmt werden, und mit erhitztem Stampfeisen bis auf etwa 5 *cm* Höhe sorgfältig comprimirt. Dann wird die Strassenoberfläche mit erhitzten Glätteisen gebügelt, damit sie durch Schmelzen des Bitumens der obersten Asphaltschicht wasserdicht werde. Um eine möglichst glatte Strassendecke zu erhalten, wird die Fahrbahn oft nochmals abgewalzt oder mit ganz dünnem Cementschlamm überzogen und kann dann nach erfolgter Abkühlung sofort dem Verkehre übergeben werden. Durch das Stampfen und Walzen werden die unteren Theile der Asphaltdecke nur gedichtet oder höchstens zum Zusammenbacken gebracht und sind deswegen gegen aufsteigende Feuchtigkeit nicht geschützt. Aus diesem Grunde ist die wasserdichte Unterlage unbedingt erforderlich. Diese Unterlage soll möglichst eben sein, damit die Asphaltdecke in gleichmässiger Stärke aufgetragen werden kann. Bei nicht gleichmässigem Rammen und Walzen entstehen in der Fahrbahn Senkungen, bei nicht trockener Betonunterlage Hebungen, bei Verwendung von nicht reinem Asphalt Grübchen und Rinnen.

b) Gussasphalt (Asphalte coulé). Man benutzt hierzu den sogenannten Asphaltmastix. Zu dessen Bereitung wird gut getrockneter natürlicher Asphaltstein bis zu etwa 3 *mm* Korngrösse in Mühlen u. s. w. zerkleinert und mit soviel reinem Bitumen oder Goudron bei einer Temperatur von 175—230° *C.* geschmolzen, dass der Mastix 15—25% Bitumen enthält (Limmermastix etwa 24%, Vorwohlemastix 23%, Lobsannmastix 24—25%, Val de Travers-Mastix nur 11—12% Bitumen). Zuerst wird das Bitumen bei nur mässigem Feuer (bis 180° *C.*) geschmolzen, dann setzt man dieser Masse portionsweise so viel Asphaltpulver unter tüchtigem Umrühren hinzu, dass die ganze Masse davon durchdrungen wird. Sobald dies geschehen, wird das Feuer verstärkt und die Mischung etwa 2 Stunden lang weiter gekocht, um alles Wasser aus ihr zu entfernen. Dies ist nöthig, um ein Zerbröckeln des Mastix bei Frostwetter zu verhüten. Diese durch das Schmelzen auch von den leichten Kohlenwasserstoffen befreite Masse wird mit grossen Handkellen aus dem Kessel in eiserne, oben und unten offene, auf einer Sand- oder Asphaltsteinpulverschicht stehende schmiedeeiserne Formen gegossen, deren Innenwände mit dünnem Thonbrei oder mit in Wasser aufgelöster Kreide bestrichen und mit trockenem Asphaltpulver bestreut werden; auch der Boden, auf dem sie stehen, wird mit Sand, Thon oder Asphaltpulver bedeckt. Diese Formen haben in den einzelnen Fabriken eine verschiedene Gestalt und liefern Blöcke von 25—30 *kg* Gewicht.

Um nun Gussasphalt zu gewinnen, wird dieser Mastix mit einem Zusatz von 3—5% Goudron bei einer Temperatur von 150—170° *C.* geschmolzen und dem Gemenge höchstens 50% feiner, reiner, lehm- und sandfreier Kies von etwa 4—6 *mm* Korngrösse oder gewaschener, thunlichst scharfkantiger Sand von etwa Erbsengrösse hinzugesetzt. Diese Zusätze

sind erwärmt in den Kessel zu bringen, damit die Temperatur in der geschmolzenen Masse nicht wesentlich vermindert wird, sowie allmälig in kleinen Mengen und unter beständigem Umrühren und Durcharbeiten der Masse, damit dieselbe möglichst gleichmässig wird und weder einen klebrigen, noch einen trocknen Brei bildet. Diese Masse wird mit eisernen Kellen auf die auch hier anzuordnende Betonunterlage gegossen, möglichst schnell mit einem hölzernen Spachtel ausgebreitet und eingeebnet, dann mit feinem Sand (1 *mm* Korn) bestreut und dieser möglichst gleichmässig in die oberste Asphaltschicht eingerieben, so dass die letztere vollständig mit Sand gesättigt ist. Der hohe Sand-, beziehungsweise Kieszusatz zur geschmolzenen Asphaltmasse soll das Weichwerden derselben vermindern; wird jedoch zu viel Sand oder Kies beigemengt, so leidet darunter sowohl die Elasticität als auch die Cohäsion der Asphaltdecke. Durch einen Zusatz von dickflüssigen Harzölen kann das Schmelzen befördert werden. Häufig stellt man die Gussasphaltstrasse aus zwei Lagen von etwa 5 und 2—3 *cm* Stärke her.

Als Goudron benutzt man meistens den aus Trinidad-Asphalt, Seyssel-Asphalt und aus Asphalt von der Auvergne u. s. w. gewonnenen, als Asphaltmastix den aus Limmer, welcher zweckmässig mit dem Vorwohler vermischt wird, sowie den aus Seyssel, aus dem Val de Travers u. s. w.

Vorzüge und Nachtheile der Asphaltbahnen. Vor den Steinpflasterungen und Chaussirungen haben die Asphaltstrassen den Vorzug, dass sie weder Staub noch Schlamm erzeugen, dass sie leicht (durch einfaches Abspülen mit Leitungswasser) gereinigt werden können, dass sie viel dauerhafter, sowie leichter und billiger auszubessern sind, dass sie das Getöse des Strassenverkehres ganz ausserordentlich vermindern, die Leichtigkeit der Fortbewegung erhöhen und somit Pferde und Fuhrwerke schonen. Sie haben den Nachtheil grösserer Glätte und können daher auf Strassen mit einer grösseren Steigung als etwa 1:60 nicht angewendet werden. Sie empfehlen sich für sehr verkehrsreiche oder vornehme Strassen in grösseren Städten.

2. Zum Abdecken von Bürgersteigen, Thoreinfahrten, Hofflächen, Bahnsteigen, Terrassen und Plattformen, Malztennen, Stallfussböden u. s. w.

Auf den geebneten und festgestampften Boden wird entweder eine Ziegelrollschicht in Cementmörtel und mit Cementüberzug aufgebracht, oder eine doppelte Ziegelflachschicht in gleicher Weise oder eine 6—10 *cm* (auch höhere) Cementbetonschicht (aus 1 Theil Cement und 5 Theilen feinem Kies oder grobem Sand, auch aus 1 Theil Cement, 3 Theilen Sand und 3 Theilen Steinschlag aus hartgebrannten, kleingeschlagenen Ziegelsteinen oder Bruchsteinen) mit einem, aus reinem oder nur schwach mit feinem Sande vermengten Cement bestehenden, dünnen Ueberzuge oder ein Rauhpflaster mit Cementverguss der Fugen. Letzteres empfiehlt sich namentlich für Stallfussböden, um dieselben fest und gegen den Urin der Thiere undurchdringbar zu machen. Auf diese Unterlage kommt entweder ein 3—5 *cm* hoher Stampfasphaltbelag, der auf 1·5—3 *cm* Stärke zusammengepresst wird, oder ein Gussasphaltbelag in zwei Lagen von je 13—15 *mm* Stärke oder ein Asphaltplattenbelag aus Stampfasphalt und ohne jedes Bindemittel.

Bei Stallfussböden begnügt man sich oft mit einem gewöhnlichen Pflaster, das festgestampft und mit Asphalt übergossen wird. Das Vergiessen der Fugen eines Pflasters aus Granit oder Holz u. s. w. mit geschmolzenem

Asphaltmastix wird in neuerer Zeit viel bei städtischen Strassen ausgeführt und kann nur empfohlen werden. (Vergl. auch »Asphaltkitt« weiter unten.)

Die Asphaltplatten haben sich recht gut bewährt; sie werden für Fusswege in einer Stärke von 3 *cm*, für Thoreinfahrten und Strassenübergänge in einer Stärke von 4·5—5 *cm* verwendet und unmittelbar auf die Unterlage gelegt. Man stellt sie aus rohem, pulverisirtem Asphaltstein her, indem man denselben in rotirenden, über geschlossenem Feuer angebrachten, eisernen Trommeln bis zu einem gewissen Grade erhitzt, die weiche Masse in Formen giesst und mittelst hydraulischer Pressen sehr stark presst. Meistens werden die Platten 25 *cm* lang und ebenso breit, glatt oder geriffelt hergestellt. Sie sind sorgfältig in Mörtel einzubetten.

Auch aus entsprechend zusammengesetztem Gussasphalt werden Platten von 15—45 *mm* Stärke fabricirt und für Fusswege, Höfe, Lager- und Kellerräume, Ställe und Scheunen an Stelle des Gussasphaltes verwendet. Für ganz leichten Verkehr genügt es, den tragfähigen Boden mit etwas Mörtel abzuebnen, für schwereren Verkehr ist als Unterlage eine etwa 8 *cm* starke Kalk- oder Cementbetonschicht zu wählen. Die Platten werden in heissem Wasser (oder an der Sonne) etwas erwärmt, damit sie sich an die Unterlage gut anschmiegen, und ihre (engen) Fugen mit einem Kitt aus in Bitumen geschmolzenem Mastix ausgefüllt. —

Bei der Verlegung der Gussasphaltdecke soll man der Fugenbildungen wegen eiserne Lineale nicht benutzen. Lässt sich die Vollendung der Arbeit in einem Tage nicht erreichen, so hat man bei Fortsetzung der Arbeit die Kanten der Asphaltdecke durch Bedecken mit heissen Mastixstreifen anzuwärmen, damit zwischen der alten und der neuen Asphaltmasse eine gute Verbindung erzielt wird. Bei Maueranschlüssen ist zur Verhütung des seitlichen Eindringens von Nässe eine 1—2 *cm* hohe Wasserkante herzustellen, und bei Thürschwellen, unter denen sich das Wasser leicht fortziehen und in dem Nebenraum verbreiten kann, zur Abdeckung eine Zinkblechtafel zu benutzen, die zwischen die beiden Asphaltdecken hineinreicht.

4. Zur Herstellung von Estrichen auf Holzfussböden und über Balkenlagen.

Auf die ausgestakte und aufgefüllte Balkenlage wird ein starker Blindboden aufgelegt und mit einer Lage Dachpappe überdeckt, darüber wird eine Sand- oder Lehmschicht etwa 2 *cm* hoch und auf dieser der Asphaltguss in zwei Lagen von je 10—15 *mm* Stärke ausgebreitet. Oder: man füllt die ausgestakte Balkenlage mit festgestampftem Lehm aus, pflastert die Fussbodenfläche mit einer einfachen oder doppelten, in verlängertem Cementmörtel zu verlegenden Ziegelflachschicht oder mit 2·5—4 *cm* starken Stein- oder Thonfliesen ab und stellt auf dieser Unterlage den Asphaltbelag aus zwei Lagen Gussasphalt von zusammen 2—3 *cm* Stärke her. Sind Holzfussböden gegen aufsteigende Grundfeuchtigkeit zu schützen, so werden die Dielen an der Unterseite an den beiden langen Kanten mit schrägen Ausfalzungen versehen und in geschmolzenem Asphalt verlegt. (Fig. 417.) Als Unterlage dient am zweckmässigsten eine Cementbetonschicht. Der in die schwalbenschwanzförmigen Nuthen eindringende Asphalt ersetzt zugleich die Lagerhölzer.

5. Zur Abdeckung von Gewölben aller Art.

Die Gewölbe erhalten einen Mörtelüberzug und über demselben eine 15—25 *mm* starke Asphaltgussdecke. Die letztere wird noch mit einer Lehm-

oder Thonschicht überdeckt, wenn die Gewölbe mit Erde überschüttet werden sollen oder wenn sie sich (wie bei Tunnelgewölben) unter Erd- oder Steinmassen befinden.

6. Zu Isolirungen von Mauern u. s. w. gegen aufsteigende oder seitlich eindringende Feuchtigkeit.

Ist aufsteigende Grundfeuchtigkeit in Kellern zu befürchten, so wird zunächst die humushaltige Erde sorgfältig beseitigt und durch trockenen, reinen Sand oder Kies oder durch eine Lehm- oder Thonschicht ersetzt, über dieser Unterlage ein Belag von Steinplatten oder Ziegelsteinen oder eine 6—15 *cm* starke Cementbetonschicht hergestellt und darüber ein Asphaltguss gebreitet, welcher thunlichst mit den, in den Mauern befindlichen, wagrechten oder lothrechten, ebenfalls aus Asphaltguss (häufig im Mischungsverhältniss von 5 Gewichtstheilen Asphaltmastix, $1\frac{1}{2}$—1 Theil Goudron und 2 Theilen Sand) in einer Stärke von 1—2 *cm* hergestellten Isolirschichten verbunden wird. (Fig. 418.) Oft wird der Asphalt-Estrich zum Schutze gegen Beschädigungen noch mit einem Fussboden (dem sogenannten Arbeitsboden) überdeckt. — Zum Schutze gegen seitlich eindringende Nässe wird eine 1—2 *cm* starke Gussasphaltschicht auf die sorgfältig (künstlich mit Coakskörben u. s. w.) getrocknete Mauer, deren Anstrich und Putz zu beseitigen und deren Fugen auszukratzen sind, warm aufgebracht oder es wird eine Isolirmauer aus in geschmolzenem Asphaltmastix zu verlegenden Ziegelsteinen (meistens $\frac{1}{2}$ Stein stark) in geringer Entfernung vor die Aussenmauer gesetzt und der Zwischenraum mit geschmolzenem Asphaltmastix ausgegossen oder eine Verkleidung aus hartgebrannten und mit flüssigem Asphalt vermauerten Ziegelsteinen aufgeführt und aussen mit einem Asphaltüberzuge versehen u. s. w. (Vergl. auch: gewalzter Asphalt und Asphaltfilzplatten).

7. Zu wasser- und luftdichten Wänden, Sohlen und Decken für Reservoire, Behälter für saure und ätzende Flüssigkeiten, Silos, Tunnels u. s. w.*)

Auf den festgestampften und geebneten Boden wird eine Schicht mit in geschmolzenem Asphalt eingetauchten, vorher erwärmten und abgebürsteten Ziegelsteinen in Asphaltmörtel aufgebracht; in gleicher Weise werden die Seitenwände aufgeführt und in etwa 1 *cm* Entfernung mit Ziegeln, die ganz in Asphalt verlegt und zweckmässig mit der Aussenmauer verbunden werden, hintermauert. Nachdem diese Wände vollständig getrocknet sind, giesst man ihren Zwischenraum mit geschmolzenem Asphaltmastix aus, dann bringt man auf die Ziegelflachschicht eine etwa 3 *cm* hohe Cementbetonschicht auf, welche mit einem Cementputz abgeglichen wird, und überzieht dieselbe nach gehöriger Austrocknung, sowie die Innenfläche der Hintermauerung, mit Gussasphalt. Diese Construction empfiehlt sich nicht nur für Wasserleitungs-Reservoire, sondern auch für Behälter, welche saure oder ätzende Flüssigkeiten aufnehmen sollen.

Bei unterirdischen Silos (Getreidespeichern) mauert man die Fundamente in Kalkmörtel bis Sohlenhöhe, bringt auf die festgestampfte Sohle eine etwa 10 *cm* hohe Cementbetonschicht, überzieht dieselbe nebst den Fundamenten mit Gussasphalt, führt über dieser Schicht die Seitenwände auf, setzt vor dieselben in geringem Abstande 1 Stein starke, in Asphalt-

---

*) Siehe: Mothes, »Illustr. Baulexikon«, Bd. I, 1881, S. 167 u. 168.

mörtel aufzuführende Wände, giesst den Zwischenraum mit geschmolzenem Asphaltmastix aus, der zweckmässig mit einem Spatel fest eingedrückt wird, und überzieht die inneren Wände mit einer Asphaltgussschicht. Dieser Behälter wird mit einem in Asphaltmörtel auszuführenden Gewölbe überdeckt und auf dasselbe eine etwa 12 *mm* starke Asphaltschicht aufgebracht, die 8—10 *cm* hoch mit Erde überschüttet wird. Die in dem Gewölbe herzustellende Einsteigeöffnung verschliesst man am besten mit einem einzigen, an der Innenfläche asphaltirten Stein.

Bei Tunnelbauten werden die Steine ebenfalls in Asphaltmastix verlegt und es erhält der Gewölberücken einen Asphaltüberzug.

8. Zum Imprägniren poröser Steine, um dieselben wasserundurchlässig und dauerhafter zu machen, auch zur Herstellung von Formsteinen für kalte und feuchte Mauern, indem man (nach dem Vorschlage des Grafen Dundonald) Asphalt mit bituminösem Kalk vermischt und in Formen giesst.

9. Zur Bereitung von Beton, indem man den auf 180—200° *C.* erhitzten Asphaltmastix mit 50—60% (seines Gewichtes) grobkörnigem Kies oder kleingeschlagenen Bruchsteinen (Kieselsteinen) vermengt und das Ganze unter beständigem und kräftigem Umrühren noch einige Zeit kocht. Diese Mischung liefert nach dem Erstarren eine elastische Masse, welche sich namentlich zu Fundamenten für Maschinen und Dampfhämmer eignet, weil sie ohne Schaden Erschütterungen ausgesetzt werden kann und gleichzeitig den Schall schlecht leitet. Auch gewöhnliches Mauerwerk in Asphaltmörtel kann für diese Zwecke empfohlen werden.

Die Druckfestigkeit von Beton aus 55 Theilen Seyssel-Mastix und 45 Theilen Kies (bei 230° *C.* zusammengeschmolzen) wurde zu 281 *kg* und von Beton aus 55 Theilen Seyssel-Mastix und 45 Theilen Rhône-Kieselschlag (bei 250° *C.* zusammengeschmolzen) zu 332 *kg* für das Quadratcentimeter (im Mittel) festgestellt.

10. Zu Dacheindeckungen.

Auf die mit Steinkohlentheer oder Carbolineum zur Verhütung des Werfens bei Temperaturänderungen imprägnirten Schalbretter wird eine dünne Kalkmörtel- oder Lehmschicht aufgebracht und dieselbe mit Packleinwand überzogen. Letztere erhält eine in mehreren Lagen aufzubringende und mit Sand nach Vollendung jeder Lage zu bestreuende Asphaltdecke von etwa 15—20 *mm* Dicke. Mit besonderer Sorgfalt sind die Anschlüsse an die Umfassungswände, Schornsteine, Dachlucken, Rinnen u. s. w. mit Zinkblechen vorzunehmen. Diese Bleche werden zwischen zwei Lagen der aus etwa 90 Theilen Asphaltmastix, 10 Theilen Goudron und lehmfreiem Sand hergestellten Decke eingeschoben. Derartig construirte Dächer erhalten, weil sich die Asphaltdecke in der Kälte zusammenzieht, nach kurzer Zeit Risse und Sprünge, auch löst sich die Decke leicht vom Mauerwerk ab, an das sie dicht anschliessen soll. Endlich ist bei nicht genügender Lüftung des Dachbodens ein schnelles Stocken der hölzernen Constructionstheile zu befürchten. Aus diesen Gründen werden Asphaltdächer in neuerer Zeit nur noch sehr selten hergestellt.

Zum Eindecken von Dächern, Abdecken von Terrassen, Bekleiden von Wänden, Unterlegen von Fussböden u. s. w. benutzt man auch dünne Asphaltplatten, welche durch Auswalzen gewonnen werden

und dadurch eine grössere Dichtigkeit, Festigkeit und Haltbarkeit erhalten. Diese Tafeln sind billiger wie z. B. Zink, auch weniger reparaturbedürftig; sie bilden eine feuersichere Decke, weil sie nicht verbrennen, sondern nur schmelzen, sind schlechte Wärmeleiter, haben ein geringes Eigengewicht und widerstehen gut den Einwirkungen der Luft und Feuchtigkeit. (Siehe Gottgetreu, a. a. O. Bd. II, S. 408).

11. Zur Herstellung von Dachpappe und Asphaltfilzplatten.

Ueber die Asphalt-Dachpappe (Steinpappe) ist im § 269 Ausführlicheres mitgetheilt, worauf hier verwiesen sein mag.

Asphaltfilzplatten stellen eine, mit einer Mischung von Asphalt und Steinkohlentheer imprägnirte, zusammengepresste Watte von 5—10 *mm* Dicke dar, die aus den Abfällen der Flachsspinnereien, aus Heede und Werg, hergestellt wird. Man verwendet diese Platten meistens nur bei Pappdächern zur Unterfütterung der Pappe in Kehlen und Rinnen, sowie zu Ausbesserungen, ferner wegen ihrer Steifigkeit zu provisorischen Eindeckungen unmittelbar auf Sparren oder Latten und zu Isolirungen an Stelle des Gussasphaltes.

Für Dacheindeckungen u. s. w. besitzen die mit Asphalt und Steinkohlentheer getränkten Platten den Uebelstand, dass die Watte leicht verwest, wenn der Theerüberzug nicht rechtzeitig erneuert wird. Dann wird nämlich die Masse porös, so dass Luft und Nässe in sie leicht eindringen können. Der Sauerstoff der Luft zersetzt aber die festen Harzbestandtheile des Steinkohlentheers und verwandelt sie in solche, die im Wasser löslich sind. In Folge dessen bläht sich die Masse auf, verfault und wird unbrauchbar. Man sollte deshalb Asphaltfilzplatten nur zu Isolirungen verwenden.

Die Asphaltfilzplatten von Büsscher und Hoffmann in Neustadt-Eberswalde bei Berlin kommen in Rollen von 3—4 *m* Länge und 0·81 *m* Breite in den Handel und bestehen aus Asphaltschichten mit einer zähen, langfaserigen Einlage; sie besitzen eine gewisse Biegsamkeit und Dehnbarkeit (mindestens 10 %), so dass sie den Bewegungen im Mauerwerke Folge leisten können. Man verlegt sie so, dass sich ihre Ränder 5—8 *cm* breit überdecken, und verklebt ihre Fugen mit geschmolzenem Asphalt, oder man überdeckt ihre Stösse mit schmalen Streifen aus Asphaltfilzstoff und dichtet die Fugen mit heissem Goudron (Steinkohlentheer ist nicht so empfehlenswerth). Benutzt man die Asphaltfilzplatten zu Isolirungen im Mauerwerk, so ist eine Dichtung ihrer Fugen nicht nöthig, weil dieselbe schon durch die Last der Mauer in vollkommen ausreichender Weise erfolgt. Vor dem Gussasphalt besitzen Asphaltfilzplatten den Vortheil, dass sie nicht an den Steinen haften und bei Bewegungen des Mauerwerkes nicht zerreissen, dass sie bei jeder Witterung angewendet werden können und keine Störungen der Maurerarbeiten bei Herstellung der Isolirschicht verursachen, weil sie nicht wie der Gussasphalt an die vollständige Vollendung einer Mauergleiche gebunden sind. (Siehe »Handbuch der Architektur«, III. Th., Bd. II, S. 417 u. 429.)

Werden die Asphaltfilzplatten zum Bekleiden von Wänden benutzt, so ist ihr oberer Rand umzubiegen, 3—4 *cm* breit in eine Mauerfuge einzulegen und mit Cement einzukitten.

12. Zur Herstellung wasserdichter Röhren für Gas- und Wasserleitungen, für saure und ätzende Flüssigkeiten u. s. w.

Endloses Hanfpapier von 2—2½ *m* Breite wird durch geschmolzenen Asphalt hindurchgezogen, darauf auf einer sich drehenden Walze von der

Dicke des inneren Röhrendurchmessers aufgerollt und mittelst einer Presswalze zusammengedrückt. Ihre innere Fläche wird gewöhnlich mit einem wasserdichten Firniss, ihre äussere mit einem mit Kies vermischten Asphaltlack überzogen. Solche Röhren besitzen eine sehr dichte und gleichmässige Wandung und eine ziemlich grosse Widerstandsfähigkeit; ihre Elasticität ist eine genügende, um bei Bodensenkungen und starken Erschütterungen einen Bruch nicht befürchten zu müssen. Da sie einen schlechten Wärmeleiter bilden, so können die in ihnen fortgeleiteten Flüssigkeiten nicht gefrieren, aber auch nicht zu warm werden, was beides namentlich bei Wasserleitungen gefordert werden muss. Wegen ihrer schlechten Leitungsfähigkeit der Elektricität eignen sie sich auch zu Umhüllungen von unterirdischen Telegraphenleitungen, wo Guttapercha nicht verwendet werden kann. (Siehe »Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt«, 1872, S. 149.)

13. Zum Anstrich auf Eisen.

Lösungen von Asphalt in Terpentinöl, Benzin, Theeröl, Petroleum u. s. w. werden unter dem Namen Asphaltlack oder Eisenlack zum Ueberziehen von eisernen Gegenständen aller Art, um dieselben gegen Rost zu schützen, mit Vortheil benutzt, weil sie den Einwirkungen der Luft, der Säuren und Alkalien kräftig widerstehen, zum Theil auch (wie z. B. der aus syrischem Asphalt hergestellte Lack) in Alkohol unlöslich sind, so dass diese Sorten auch zum Lackiren der Innenflächen eiserner Spiritusbehälter verwendet werden können. (Vergl. auch 15.) Derartige Lacke haben den Nachtheil, in der Kälte spröde zu werden und dann leicht abzuspringen; auch leiden sie leicht Schaden durch die mechanischen Einwirkungen der bewegten, mit Staubtheilchen geschwängerten Luft, des Schlagregens, Hagels und Schnees, indem Theilchen des dünnen Ueberzuges durch sie abgelöst werden. Verfälschter Eisenlack enthält anstatt des natürlichen Asphalts künstlichen, aus Steinkohleutheer- und Petroleumrückständen bereiteten, und besitzt einen geringeren Werth.

Gusseiserne Röhren erhalten einen festen, dichten und gegen Rost vollständig schützenden Ueberzug dadurch, dass man sie erwärmt in erhitzten dünnflüssigen Asphaltmastix eintaucht; schmiedeeiserne Röhren bettet man zum Schutze gegen Rost vollständig in Asphalt ein. (Vergl. auch den Schluss des § 252, Theeranstrich auf Eisen.)

14. Zu Malereien und Anstrichen auf Wänden, Steinen und Gypsarbeiten.

Wenn man Asphalt mit Alkohol behandelt und dann in Oel auflöst, so erhält man eine braune Lasurfarbe von schönem, lebhaftem Farbenton (Asphaltbraun), die in der Malerei vielfach benutzt wird. Mothes (a. a. O., S. 168) theilt zur Bereitung dieser Farbe folgendes Recept mit: 60 Theile Lackharz werden in 15 Theilen Terpentin geschmolzen, dann werden der Mischung 90 Theile Asphalt, hierauf 240 Theile fast siedendes Leinöl und endlich 30 Theile Wachs hinzugesetzt; hierauf giesst man die Masse auf einen Stein und reibt sie mit dem Läufer. Diese Farbe trocknet binnen 24 Stunden. Zum Anstrich auf feuchten oder salpeterhaltigen Wänden, Steinen und Gypsarbeiten benutzt man (nach derselben Quelle) mit Oel gestampften Asphalt, welcher mit kochendem, fettem Oel und Leinöl getränkt, dann mit dem vierten Theile mit Leinöl geriebenen Bleiweisses und endlich mit einem Zehntheil Silberglätte und ebenso viel Mennige vermischt und so dünnflüssig gemacht wird, dass er sich mit dem Pinsel gut streichen lässt.

15. Zur Bereitung von Kitten und Firnissen.

Zum Verkitten von Fugen und Rissen im Holz verwendet man mit Vortheil folgende Mischungen: 3 Theile Asphalt und 1 Theil Mineraltheerkali — oder: 6—8 Theile Asphalt und 100 Theile pulverisirten Kalkstein oder Kreide.

Zu Firnissen benutzt man ein Gemenge von 1 *kg* Asphalt, $^1/_2$—$^3/_4$ *kg* Terpentin und $^1/_6$ *kg* Leinölfirniss mit oder ohne Colophonium und verwendet dasselbe zu schwarzen Lackirungen, als Aetzgrund und Deckgrund in der Kupferstecherei, zu Anstrichen auf Holz zum Schutze gegen die Witterungseinflüsse, zu Anstrichen auf Wänden, welche dem Schlagregen ausgesetzt sind, zum Dichten der Innenwände von Wasserbehältern, zum Schutze eiserner (Schornstein-) Röhren (über Dach) u. s. w.

16. Zu dünnen Anstrichen von Mauerwerk, Stein, Holz, Eisen u. s. w.

Die Herstellung einer sicher haftenden, bequem mit Mauerputz zu überziehenden Asphaltisolirung gegen Feuchtigkeit und Temperatureinwirkungen von vornherein oder die nachträgliche vollständige Trockenlegung feuchter Mauern, die Herstellung wasserdichter Ueberzüge von Bassins aus Mauerwerk, von Behältern aller Art (aus Holz, Eisen u. s. w.), die Anwendung von Mastix als Mörtel anstatt Cement und Kalk zur Herstellung von undurchlässigem Mauerwerk, wie auch für Stein- und Plattenpflasterung, soll durch Haarmann's Patent (D. R. P. Nr. 63437), das in der Anwendung einer Bitumenlösung in rasch verdunstenden Lösungsmitteln (Schwefelkohlenstoff, Benzin, Terpentin u. s. w.) besteht, sicher erreicht werden. Da der Schwefelkohlenstoff den Arbeitern sehr lästig und Benzin sehr feuergefährlich ist, so dürfte der Terpentin als Lösungsmittel vorzuziehen sein, obwohl er weniger energisch löst und langsam verflüchtigt.

17. Zur Macadamisirung auf Strassen und Brücken.

Auf die geebnete und festgestampfte Strassenunterbettung wird eine Steinschüttung gebracht, nach dem gewünschten Querprofil eingeebnet und festgewalzt und mit einer etwa 2 *cm* hohen, aus 40 Theilen geschmolzenem Asphaltmastix und 60 Theilen grobkörnigem Kies oder haselnussgrossen

In neuerer Zeit fertigt man auch Kegelbahnen aus Asphalt und benutzt den Stampfasphalt als elastische, stoss- und schalldämpfende Zwischenschicht bei Fundirungen schwerer Dampfhämmer, schnelllaufender grosser Maschinen u. s. w.

Künstlicher Asphalt.

Eine Mischung von Steinkohlentheer (auch Holz- und Braunkohlentheer), scharfem, getrocknetem Sand oder Kies, gemahlener Kreide oder fein pulverisirtem Kalkstein, zuweilen auch mit Zusätzen von Eisenoxyd, kieselsaurem und schwefelsaurem Kali, natürlichem Asphalt u. s. w. kommt unter der Bezeichnung »künstlicher Asphalt« in den Handel und dient als Ersatzmittel für den natürlichen Asphalt. Der Steinkohlentheer wird nach dem Abdestilliren von Benzin, Anilin, Naphtalin u. s. w. bis zu einer zähen, pechähnlichen Masse eingedampft, die etwa 70% der benutzten Theermenge beträgt. Als gute Mischungen werden die folgenden empfohlen: 15 Theile Bitumen, 35 Theile Steinkohlentheer, 130 Theile Kalksteinpulver, 160 Theile feiner Sand (Recept von M. A. Gobin in Lyon); — erhitzter Steinkohlen- oder Holztheer, feingemahlener gebrannter Kalk (in verschiedenem Mischungsverhältniss), dazu 5% Eisenoxyd, kieselsaures Kali und schwefelsaures Kali; — zur Bereitung von gefälschtem Asphaltmastix und -Goudron: geringe Menge von Steinkohlen- oder Braunkohlentheer oder von dickflüssigen Destillationsrückständen von der Schieferöl-, Paraffin- oder Petroleumdestillation mit echtem Trinidad-Asphalt zusammengeschmolzen; — zur Bereitung von gefälschtem Gussasphalt: geringe Mengen Petroleumtheer mit gereinigtem Trinidad-Asphalt zusammengeschmolzen und dieser Mischung 80% reiner Sand beigemengt (amerikanisches Verfahren).

Künstlichen Asphalt bereitet man neuerdings auch aus einer Mischung von Steinkohlentheer, Schwefel, Chlorkalk und granulirter Hochofenschlacke, die man unter starkem Druck in Formen zu Platten zusammenpresst. Diese Masse soll eine grössere Widerstandsfähigkeit als natürlicher Asphalt besitzen.

Zur Prüfung auf Verfälschungen des natürlichen Asphalts haben Durand-Claye*) und Hauenschild**) verschiedene Verfahren empfohlen, die in Folgendem kurz beschrieben werden sollen.

Der Rückstand einer abfiltrirten und dem Verdunsten ausgesetzten Asphaltlösung in Schwefelkohlenstoff wird vorsichtig so lange erhitzt, bis er nach dem Abkühlen brüchig wie Pech geworden ist. Von dieser Masse wird etwa $^1/_{10}$ *g* in ein Glasrohr gethan und mit 5 *cm*^{3} englischer Schwefelsäure übergossen. Das verschlossene Glasrohr lässt man darauf etwa einen Tag lang ruhig stehen und behandelt dann seinen Inhalt nach und nach mit 10 *cm*^{3} Wasser, das man mittelst eines Hebers in etwa 15 Minuten unter Umrühren hinzufügt, wobei man das Glasrohr in einem kalten Wasserbade belässt. Hat sich die Mischung vollständig abgekühlt, so wird sie in eine Flasche filtrirt und noch mit 100 *cm*^{3} Wasser verdünnt. Die auf diese Weise erhaltene Flüssigkeit ist bei unverfälschtem Bitumen farblos oder nur schwach gelblich, bei Verfälschungen durch Steinkohlentheer jedoch tiefbraun bis undurchsichtig schwarz gefärbt.

*) Siehe »Annales des ponts et chaussées«, 1879, II., S. 267. — 1880, I., S. 128. — 1881, II., S. 112.

**) Siehe »Handbuch der Architektur«, 1895, Th. I, Bd. I, S. 278 u. 279.

Ein anderes, ebenfalls von Durand-Claye angewendetes Verfahren besteht darin, dass man 1 *g* Asphalt in 5 *g* rectificirtem Benzin auflöst und dann 5—6 Tropfen von dieser Lösung in ein Glasrohr filtrirt, mit 5 *g* Benzin verdünnt, hierauf 5 *g* Alkohol (von 88° Gay-Lussac) hinzufügt, das Glasrohr tüchtig schüttelt und dann die Mischung sich in demselben absetzen lässt. Sie scheidet sich hierbei in zwei Schichten, in eine obere, stark gefärbte, und in eine untere, alkoholhaltige, die nur dann gelb bis dunkelorange gefärbt erscheint, wenn das Bitumen mit künstlichen Bestandtheilen vermischt war.

Hauenschild benutzt statt des Benzins Alkohol, weil er gefunden hat, »dass die Beschaffenheit des Benzins leicht eine scharfe Trennung beider Schichten verwische und damit das Ergebniss beeinflusse«. Er erhitzt ein etwa 1 *g* schweres Stück Asphalt bis auf etwa 200° *C.*, kühlt die Masse hierauf ab, zerkleinert sie und behandelt sie dann in einem Reagenzglase mit etwa 5 cm^3 Alkohol (von nicht unter 80° Gay-Lussac). Es entsteht alsdann schon bei einem Gehalt von 2% Braunkohlen- oder Steinkohlenpech eine deutlich gelbe Färbung, die bei grösserem Pechgehalt an Intensität zunimmt und endlich ins Dunkelweingelbe übergeht; gleichzeitig bildet sich eine Fluorescenz, welche bei schwachem Pechgehalt grün bis blau, bei stärkerem grüngelb erscheint.

Verwendung des künstlichen Asphalts. Als Ersatzmittel für natürlichen Asphalt benutzt man den künstlichen zu Estrichen, wasserdichten Ueberzügen, Isolirungen, Strassenbauten (Trottoirbelegen, Pechmacadam; siehe 16) u. s. w., jedoch meistens mit einem sehr geringen Erfolge. Ferner bereitet man aus ihm Kitte, sodann Lacke und Firnisse (siehe § 266), auch Briquetts oder Kohlenziegel (aus möglichst viel Kohlenklein oder Grus und Sägespänen nebst geschmolzenem künstlichem Asphalt und Pressen dieser Mischung mittelst Stempel- oder Walzenpressen in entsprechend gestaltete Formen), — u. s. w. Vergl. auch § 252: die Theere.

Der **Asphaltkitt** wird in neuerer Zeit zum Dichten von Rohrleitungen, zum Ausfugen von Trottoir- und Strassenpflasterungen, auch von Strassen-Canalmauern u. s. w. viel benutzt, so dass es angezeigt erscheint, über seine Eigenschaften und Verwendungen an dieser Stelle das Nothwendigste mitzutheilen. Hervorzuheben ist die leichte Schmelzbarkeit des Asphaltkittes, welche es ermöglicht, die mit ihm (und einem Theerstrick) gedichteten Steinzeugröhren ohne Beschädigung der Muffen auseinander zu nehmen, indem nur ein Strohfeuer angemacht zu werden braucht, um den Kitt zum Ausfliessen zu bringen. Ferner ist bemerkenswerth die grosse Widerstandsfähigkeit des Asphaltkittes gegen Säuren und Laugen, so dass der Kitt einen vorzüglichen Dichtungsstoff für solche Rohrleitungen (Canalisationsröhren, Abortröhren, Röhren aus chemischen Fabriken u. s. w.) darstellt, in denen säurehaltige Flüssigkeiten abgeführt werden müssen. Die Dichtigkeit der mit Asphaltkitt verbundenen Rohrenden oder ausgefugten Canalmauern u. s. w. ist eine sehr grosse, weil der Kitt im geschmolzenen Zustande sehr dünnflüssig ist und demgemäss selbst die kleinsten Hohlräume der Fugen gut auszufüllen vermag. Der Asphaltkitt bleibt nach seiner Erhärtung bis zu einem gewissen Grade elastisch und giebt dem Druck nach, was seine Verwendbarkeit steigert.

Fugt man die zu Trottoirbelägen, Höfen, Fabrikfussböden u. dergl. verlegten gebrannten Thonplatten oder Klinker, sowie die Pflastersteine mit

Asphaltkitt aus, so kann sich in den Fugen weniger leicht Staub, Koth und Wasser festsetzen, als wenn die Fugen nur mit Sand geschlossen werden. Das Ausgiessen der Pflasterungsfugen mit Asphaltkitt ist besser als das Verlegen der Plastersteine in Kalkmörtel, Cementmörtel oder auf Beton nebst Ausfugen mit Cementmörtel, weil bei Verwendung von Asphaltkitt eine elastischere Strassenoberfläche und damit eine Verminderung des Fahrverkehrslärmes erreicht wird, weil sich ferner die Schwierigkeiten bei vorzunehmenden Ausbesserungen an den unter der Strassenoberfläche liegenden Gas- und Wasserleitungs-Rohrsträngen ermässigen und weil sich endlich auch die Kosten der Fugendichtung geringer stellen. — Näheres über den Asphaltkitt findet man u. A. in der auch von uns benutzten Broschüre der Theerproductenfabrik von Mattar und Gassmus in Biebrich am Rhein.

Künstlich kann auch Stampfasphalt bereitet werden. Nach dem Verfahren des Prof. E. Dietrich wird reiner oder bituminöser Kalkstein pulverisirt mit reinem, ebenfalls pulverisirtem Bitumen vermischt und das Gemenge in rotirenden Trommeln erhitzt. Oder es wird trockener, pulverisirter Kalk oder Asphaltstein unter Zusatz von Kalkmilch durch Erhitzen in eine dünnflüssige Masse verwandelt, dieselbe bei einer Temperatur von etwa 50° *C.* mit geschmolzenem und gereinigtem Bitumen vermischt, die heisse Masse dann in Formen gegossen, getrocknet und in Mahlgängen pulverisirt. Dieses Pulver wird wie der pulverisirte natürliche bituminöse Kalkstein zu Stampfasphaltstrassen u. s. w. verwendet. (Patentirtes Verfahren der »Deutschen Asphaltgesellschaft«.) (Siehe »Handbuch der Architektur«, a. a. O., S. 277.)

Festigkeit des Asphalts. Zur Untersuchung der Festigkeit des Asphalts ist in England durch Rankine ein Verfahren eingeführt worden, welches darin besteht, dass man eine Eisenspitze in Gestalt eines vierseitigen Pyramidenstumpfes mit einer Belastung von etwa 30 *kg* und bei einer Temperatur von 27° *C.* auf den Asphalt wirken lässt und den Eindruck misst. Letzterer darf bei gutem Stampfasphalt nur etwa 8 *mm*, bei gutem Gussasphalt nur etwa 5 *mm* Tiefe besitzen.

»In Bezug auf Druckfestigkeit ergab sich,« schreibt Hauenschild (a. a. O., S. 278), »dass künstlicher, d. h. aus Steinkohlen- oder Braunkohlenpech mit Mineralstaub hergestellter Asphalt bei ziemlich rascher Steigerung der Belastung ganz wie spröde Gesteine in parallele Stücke unter Krach zerplatzt, während bei der gleichen Temperatur und bei gleicher Art der Belastung natürlicher Asphalt (sowohl Stampf- als Gussasphalt) unter Ausbauchen, Bersten und Spalten zerfliesst, und zwar von einem um so niedrigeren Punkte an, je besseren Ruf die betreffende Asphaltsorte geniesst. — Die Zugfestigkeit liess sich auf der Michaelis'schen Zerreissungsvorrichtung (siehe § 221) in den Cement-Achteckformen nur bei höchstens 8° *C.* für natürliche Asphalte bestimmen, und zwar bei rasch steigender Belastung. Die Ergebnisse der Versuche sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.«

	Zugfestigkeit in Kilogramm für das Quadratcentimeter	Druckfestigkeit in Kilogramm für das Quadratcentimeter	Eindringen bei 30 *kg* Belastung und einer Temperatur von	
			8° C.	27° C.
1. Stampfasphalt, Val de Travers, frisch . .	26·5	52	unter Bersten zerfliessend	6—7 *mm*
2. Normaler Berliner Strassenasphalt von der Berliner Stadtbauinspection, alt . . .	30·5	93	unter Spalten zerfliessend	7—8 „
3. Berliner Bürgersteigasphalt, Limmer . .	24·38	65	bröckelnd zerfliessend	5—6 „
4. Ungarischer Natur-Gussasphalt, normal .	25·2	108	bröckelnd zerfliessend	4—5 „
5. Derselbe stark überhitzt	—	109	rasch berstend	2—3 „
6. Derselbe, desgleichen	36·75	112	rasch berstend	4—4·5 „
7. Künstlicher Asphalt aus Steinkohlenpech, sehr alter Stallbelag	29·0	148	unter Krach brechend	1—2 „

§ 238. Die Kitte.

Allgemeines. Die Kitte dienen zur Vereinigung zweier ähnlicher oder von einander verschiedener Gegenstände zu einem festen Ganzen und bilden eine flüssige oder teigartige Masse. Ein guter Kitt muss fest auf den Kittflächen haften und darf mit der Zeit weder spröde noch rissig werden, auch darf er nicht zu langsam erhärten. Als Regel ist festzuhalten, dass der Kitt in möglichst dünnen Schichten aufzutragen ist, weil die Haltbarkeit der Verbindung im Allgemeinen mit der Dicke der Kittfuge abnimmt. Die Kittflächen sollen möglichst genau aufeinanderpassen, um thunlichst viele Berührungspunkte zu erhalten, und vor dem Kitten von Staub u. s. w. gereinigt werden. Es empfiehlt sich, die zusammengekitteten Gegenstände so lange zusammengepresst oder mit Bindfaden fest umwickelt zu lassen, bis der Kitt vollständig erhärtet ist.

Eintheilung. Man unterscheidet Leim-, Kalk-, Oel-, Harz-, Guttapercha- und Kautschuk-, Rost- oder Eisenkitte u. s. w.

b) 6 Gewichtstheile Kölner Leim werden in klarem Wasser aufgeweicht und nach Abguss des überstehenden Wassers zu einem Brei verrührt, dem 1 Gewichtstheil von in Branntwein gerührter Hausenblase und siedendes Wasser nach Bedarf, sowie etwas Leinölfirniss zugesetzt werden. Diese Masse wird durchgeseiht; sie lässt sich auch in der Nässe verwenden.

c) 8 Gewichtstheile Leim werden mit etwa 30 Theilen Wasser zu einem starken Leim gekocht, dann werden $4^1/_2$ Theile Leinölfirniss hinzugemischt und es wird diese Mischung unter kräftigem Umrühren gekocht; sie liefert einen wasserdichten Holzleim. Man trägt sie heiss auf die erwärmten Kittflächen auf.

d) 1 *l* in Wasser aufgeweichten Leims, 33 *g* Hausenblase, $^1/_2$ *l* vom besten Essig, innig zusammengemischt. Diese Masse giebt einen stark bindenden, hellbraunen, durchsichtigen Leim, der sich namentlich zu eingelegter und fournierter Arbeit eignet.

2. Kitt zum Verstreichen der Fugen und Risse in Holzfussböden u. s. w. *a*) 1 Gewichtstheil Leim wird in 14 Theilen Wasser gekocht, der halb erstarrten Masse eine Mischung von 1 Theil Sägespäne und 1 Theil gemahlener Kreide bis zu der erforderlichen Dickflüssigkeit hinzugefügt.

b) Leimwasser wird mit so viel Gyps vermischt, dass ein dicker Brei entsteht. Dieser Kitt ist sofort zu verwenden, weil er schnell erhärtet.

3. Pariser Kitt für Holzwaren: 1 Theil Gummi arabicum, 2 Theile Wasser und Stärkemehl.

4. Gummikitt. *a*) 4 Theile Gummi arabicum und 16 Theile feinster, weisser, gebrannter Gyps. Man verwendet diesen Kitt für feinere Porzellanwaren, doch vermag er nicht der Nässe zu widerstehen.

b) Dickflüssiges Gummiwasser mit Gyps und Terpentin in gleichen Theilen giebt einen auch in der Feuchtigkeit haltbaren Porzellankitt.

5. Hausenblasenkitt. *a*) Hausenblase, in Essigsäure gelöst und im Wasserbade bis zu einem dicken Brei eingekocht, liefert einen guten Glas- und Porzellankitt, der auch zum Einkitten von Gläsern in schmale Gold- und Silberränder mit Vortheil benutzt wird.

b) Hausenblase mit schwachem Branntwein zusammengekocht; dieser Leim ist besser als gewöhnlicher Tischlerleim.

c) Hausenblase mit etwas Salpetersäure dient zum Zusammenkitten kleiner Metallblättchen.

6. Diamantkitt (für Glas auf Glas): 2 Theile Hausenblase in 16 Theilen wässerigem Alkohol aufgelöst und diese heisse Flüssigkeit mit einer Lösung von 1 Theil Mastix in 16 Theilen Alkohol vermischt, in der man vorher einige Stückchen Ammoniak durch Reiben fein vertheilt hat. Dieser Kitt ist in verschlossenen Gefässen aufzubewahren und warm zu verwenden.

7. Chromleim. *a*) 100 Theile Leim lässt man 12 Stunden lang in Wasser aufquellen; dann schmilzt man den gequollenen Leim im Wasserbade und setzt ihm 2% Glycerin und 2% rothes chromsaures Kali hinzu. Dieser Kitt dient zum Verbinden zerrissener Treibriemen.

b) Gelatine und doppeltkohlensaures Kali geben einen guten Glaskitt, der auch zum Wasserdichtmachen von Geweben aller Art, von Pappe u. s. w. Verwendung findet.

8. Stärkekitt (Kleister). *a*) 10 Gewichtstheile Stärkemehl (oder stärkemehlreicher Mehlarten), 100 Theile Wasser, 1% Borax oder Alaun.

Ein beliebtes Klebemittel für Papier und Pappe, namentlich für Tapeten. Zu langes Kochen ist nicht gut. Ein Zusatz von Terpentin macht den Kleister weniger spröde beim Einkochen und widerstandsfähiger gegen Nässe. Kleister ohne Borax oder Alaun geht schon nach sechs Tagen in Fäulniss über, während er sich mit diesen Zusätzen wochenlang hält.

b) 100 *g* Stärke mit Wasser zu einem Kleister gekocht, dann 100 *g* in Wasser aufgequollenen Leim und 1 *g* Borax hinzugefügt. Diese Masse klebt wie bester Leim und bleibt wochenlang haltbar; man muss sie vor der Verwendung erwärmen und umrühren.

II. Kalkkitte.

Die Kalkkitte bestehen hauptsächlich aus Kalk mit Zusätzen von Käsestoff, Eiweiss, Leim, auch Quarzsand, Ziegelmehl, gebrannter Magnesia u. s. w. Sie eignen sich vorzugsweise zu Verbindungen von Steinen, Metallen und Hölzern. Da sie meistens schnell erhärten, müssen sie sofort nach ihrer Bereitung verwendet werden.

1. Käsekitt (Caseïnkitt). *a*) 300 *g* ungelöschter, an der Luft zerfallener Kalk werden mit 250 *g* weissem, frischem Käse (Quark), von welchem die Molken abgepresst sind, auf einem Stein innig zusammengerieben und dann mit Wasser vermischt, bis eine dickbreiige Masse entsteht. Dieser Kitt ist fest, erhärtet schnell an der Luft und liefert ein gutes Bindemittel für Thon und Holzwaren; man verwendet ihn namentlich zum Zusammenfügen von Brettern.

b) 1 Gewichtstheil gut gelöschter Weisskalk, 4 Theile Quark und etwas feinpulverisirter Borax; Kitt für Glas- und Porzellanwaren.

c) 1 Gewichtstheil ungelöschter und an der Luft zerfallener Kalk, 1 Gewichtstheil trockener Quark, $^1/_{10}$ Theil Kampher, sehr fein zerrieben und bei der Verwendung mit wenig Wasser vermengt. Die Masse widersteht der Hitze und dient als Kitt für Glas und Porzellan:

d) 1 Theil Quark, 3 Theile Cement, 1 Theil pulverisirter und gelöschter Kalk; Kitt für Holz, Stein, Metalle u. s. w.

e) 1 Gewichtstheil möglichst fettfreier Käsestoff mit concentrirter Wasser-

2. Eiweisskitt. *a*) Eiweiss mit Traganthgummi, Kalk und feinem Ziegelmehl; langsam bindender Kitt für Mosaikarbeiten.

b) Eiweiss mit Weizenmehl; Kitt für Dampfröhren.

c) 1 Theil trockenes Eiweiss (oder Blut) und 1 Theil an der Luft zerfallener und gut pulverisirter Kalk mit soviel Wasser, dass sich die Masse gut streichen lässt; Kitt für Glas auf Holz.

d) Eiweiss und Bleiweiss oder:

e) Eiweiss und Kreide; Kitt zum Zusammenfügen von Marmorplatten und Ornamenten, widersteht jedoch nicht der Feuchtigkeit.

3. Blutkitt: 1 Theil zu Pulver zerfallener, gelöschter Kalk, 1 Theil pulverisirter Röthel (oder Ziegelmehl) und Rindsblut; wasserfester Kitt.

4. Steinkitt. *a*) 4 Gewichtstheile pulverisirter, hydraulischer Kalk, 4 Theile Ziegelmehl, 1 Theil Eisenfeilspäne mit Wasser zu einem dicken Brei angerührt.

b) 1 Theil hydraulischer Kalk, 2 Theile Ziegelmehl, $^1/_2$ Theil Eisenfeilspäne.

c) 20 Theile gelöschter Kalk, 20 Theile pulverisirter kohlensaurer Kalk und 1 Theil Wasserglas (vom specifischen Gewichte = 1·25); namentlich für äussere Steinfugen gut brauchbar.

d) 25 Theile gelöschter Kalk, 75 Theile pulverisirte Steinkohlenasche und 1 Theil Wasserglas; ebenfalls für äussere Steinfugen empfehlenswerth.

III. Oelkitte.

Die Oelkitte bestehen aus Leinöl oder Leinölfirniss mit geschlämmter Kreide oder Bleiweiss, Bleiglätte, Mennige, Zinkweiss, auch Ziegelmehl, Glaspulver u. s. w. Dieselben sind vollständig wasserdicht und werden zum Verbinden von Steinen in Wasserbehältern, zum Dichten der Fugen von Dampf- und Wasserleitungsröhren (indem man Hanf- und Wergschnüre mit ihnen tränkt), zum Kitten von Glas, Porzellan und Metallen, zum Befestigen von Metallen auf Glas, von Glas auf Holz (Glaserkitt) u. s. w. verwendet.

1. Glaserkitt. *a*) Pulverisirte Schlämmkreide und Leinölfirniss. Benutzt man ungekochtes Leinöl, so erhärtet der Kitt nur sehr langsam, wird aber nach Jahren so fest, dass man ihn nur sehr schwer wieder entfernen kann.

b) 300 *g* gemahlene Schlämmkreide mit 100 *g* Bleiweiss innig vermischt und so viel Leinölfirniss unter beständigem Umrühren und Kneten hinzugefügt, bis der Teig plastisch und geschmeidig geworden ist. Dieser Kitt dient zum Dichten von Glasscheiben u. s. w.

c) 3 Gewichtstheile Schlämmkreide und 3 Theile Bleiweiss mit 5 Theilen Leinölfirniss zusammengeknetet und dann $^1/_{15}$ Theil Silberglätte hinzugefügt.

2. Kitt zum Verdichten von Gasröhren. *a*) 2 Theile Bleiglätte, 1 Theil zu Pulver zerfallener, gelöschter Kalk, 1 Theil feiner Sand in heissem Leinölfirniss zusammengerührt.

b) Mennige mit Leinölfirniss zu einem dünnen Brei angemacht.

3. Kitt zum Dichten von Wasserbehältern u. s. w.: 1 Theil Bleiglätte oder Zinkweiss, 9 Theile Schlämmkreide oder zu Pulver gelöschter Kalk und so viel Leinölfirniss, bis ein dünner Brei entsteht.

4. Kitt für Wasserschläge: 21 Gewichtstheile Kalkhydrat, 9 Theile gesiebtes Ziegelmehl, 5 Theile Glaspulver, 6 Theile gekochtes Leinöl zu einem

Brei angerührt und dieser auf einem Stein mit 2 Theilen Leinöl 1 Tag lang gerieben. Er erhärtet in 2—3 Tagen.

5. Kitt für Steinfugen. *A.* Ueber Wasser. *a*) 25 Gewichtstheile zu Pulver zerfallener Kalk, 10 Theile feines Ziegelmehl, 1 Theil Glaspulver und 8 Theile Leinöl.

b) 1 Theil trockenes Ziegelmehl, 1 Theil gemahlene Bleiglätte und soviel Leinöl, bis ein steifer Brei entsteht.

c) 8 Theile pulverisirte Silberglätte, 3 Theile Ziegelmehl, 1 Theil Quarz- und Glaspulver mit Leinöl zu einem steifen Brei angerührt.

d) 20 Theile Kalk, 10 Theile Ziegelmehl, 1 Theil Glaspulver, 8 Theile Leinöl und 2 Theile Hammerschlag.

B. Unter Wasser. 3 Gewichtstheile feiner Thon, 2 Theile gesiebte Asche, 1 Theil feiner Sand, 3 Theile Leinöl (oder Theer) und Wasser.

Bei Verwendung dieser Oelkitte sind die Steinfugen vorher mit heissem Leinöl zu tränken und die Kitte mit einem Spatel fest einzudrücken.

6. Kitt für Kupfer und Sandstein. 7 Gewichtstheile Bleiweiss, 6 Theile Silberglätte, 6 Theile Bolus, 4 Theile Glaspulver und 4 Theile Leinölfirniss.

7. Kitt für Wassermauern. 2 Gewichtstheile pulverisirter, frisch gebrannter Kalk, 1 Theil Ziegelmehl, $^1/_5$ Theil Hammerschlagpulver, $^1/_{16}$ Theil Manganoxyd zu steifem Brei angerührt. Die trockenen Fugen sind vorher mit Leinöl zu bestreichen.

8. Maurischer Kitt zum Verdichten von Wasserbehältern, Wasserleitungsröhren u. s. w. 1 Theil Chamottemehl, 1 Theil ungelöschter Kalk, 1 Theil reine Holzkohlenasche, fein gesiebt und innig gemengt, sodann mit Olivenöl angerührt. Dieser Kitt erhärtet schnell und springt unter Wasser nicht ab.

9. Holzkitt. *a*) 1 Theil fein gepulvertes Kalkhydrat, 2 Theile Roggenmehl und Leinölfirniss zu einem plastischen Teig angemacht und erforderlichenfalls mit einem der Holzart entsprechenden Farbzusatze versehen.

b) Sägespäne mit Leinölfirniss.

c) 2·5 *kg* an der Luft zu Pulver zerfallener Kalk, 1·25 *kg* feines Ziegel-

30 Minuten lang abgekochtes Leinöl mit Cementpulver eingemengt und das Ganze tüchtig durchgearbeitet.

b) 1 Theil Sand, 1 Theil zerfallener Kalkstein, 2 Theile Bleiglätte und 7 Theile Leinölfirniss.

Der Mastix-Cement dient zur Beseitigung nasser Stellen im Mauerwerk. Bei seiner Verwendung verfährt man folgendermaassen: Man schlägt den nassen Putz herunter, kratzt die Fugen tief aus, trocknet die Mauer mittelst Coakskörben u. s. w. möglichst tief aus, tränkt sie mit Leinöl, trägt dann den Kitt etwa 4 *mm* hoch auf und streicht ihn glatt.

12. Mastix-Serbat. 50 Gewichtstheile Zinkoxyd, 50 Theile schwefelsaures Bleioxyd und 36 Theile Leinöl werden zusammengerieben, sodann 100 Theile gemahlener Braunstein und 100 Theile Englischroth hinzugemischt, darauf wird das Ganze einen Tag lang in einem gusseisernen Mörser gestossen und allmälig mit derselben Menge Braunstein und Englischroth vermengt.

13. Kitt für Dampfröhren. 1 Theil Mennige, $2^1/_2$ Theile Bleiweiss, 1 Theil Thon und gekochtes Leinöl kräftig durcheinandergerührt und geschlagen.

14. Kitt für Metall auf Glas. 100 Theile feinpulverisirte Bleiglätte mit 50 Theilen trockenem Bleiweiss innig vermischt und mit 3 Theilen gekochtem Leinöl und 1 Theil Kopallack zu plastischem Brei verarbeitet.

15. Diamantkitt. 3 Theile Bleiglätte, 1 Theil Staubkalk, 2 Theile Schlämmkreide, 10 Theile fein pulverisirter Graphit und 20 Theile Leinöl. Dieser Kitt liefert ein vorzügliches Bindemittel für Metalle.

16. Wasserdichter Steinkitt: Durch Auflösen von Thonerdeseife (durch Fällen einer Alaunlösung mit Natronseife erhalten) in erwärmtem Leinöl. Dieser Kitt lässt sich leicht verstreichen.

17. Kitt für steinerne Wasserröhren: 4 Theile an der Luft zerfallener Kalk, 20 Theile Hammerschlag, 13 Theile Thonscherben, 13 Theile Ziegelmehl und Leinölfirniss werden zu einer knetbaren Masse durch Stampfen vereinigt. Die zu verkittenden Röhren sind vorher zu erwärmen und zweimal mit heissem Leinölfirniss zu bestreichen; der Kitt ist kalt aufzutragen und mit einem Spatel fest einzudrücken. Er erhärtet zwar erst in 6—8 Wochen, jedoch können die Röhren sogleich mit Erde überschüttet werden.

18. Stephenson'scher Kitt für Dampfröhren: 2 Theile pulverisirte Bleiglätte, 1 Theil zerfallener Kalk, 1 Theil feinster Sand und heisses Leinöl.

19. Graphitcement: 6 Theile Graphit, 3 Theile zu Pulver zerfallener Kalk, 3 Theile schwefelsaures Baryt und 3 Theile gekochtes Leinöl.

IV. Harzkitte.

Die Harzkitte bestehen hauptsächlich aus Schellack oder Colophonium, Asphaltmastix, weissem oder gelbem Harz und Pech. Sollen die Kitte weniger hart und spröde sein, so vermengt man diese Stoffe mit Wachs, Talg, Terpentin, Steinkohlentheer oder Leinölfirniss mit mehr oder weniger Sand, Cement, Gyps, Ziegelmehl, zerfallenem Kalk, pulverisirtem Kalkstein u. s. w.; sollen sie dagegen eine möglichst grosse Härte erhalten, so giebt man den Harzen einen Zusatz von Schwefel. Die Harzkitte sind wasserdicht, können aber keine Hitze ertragen; man benutzt sie zum Kitten von Steinen, Glas, Porzellan

u. s. w., zum Dichten von Mauerwerk, zum Auskitten von Terrassen, zum Einkitten von Eisen in Stein, zum Befestigen von Stein auf Holz oder Metall, von Gabeln und Messerklingen an den Griffen u. s. w. — Die Haltbarkeit der Harzkitte ist eine grössere, wenn man die Masse warm auf die gleichfalls erwärmten Kittflächen aufbringt.

1. Kitt für Glas, Porzellan, Steingut, gebrannten Thon u. dergl.:

a) 1 Theil Schellack in $^1/_8$ Theil Weingeist oder Holzgeist oder Boraxlösung aufgelöst. Man kann diesen Kitt auch für elektrische Apparate verwenden.

b) 300 *g* Schellack, 100 *g* Ziegelmehl, 100 *g* Bolus und Wasserglas.

c) 900 *g* Fichtenharz, 900 *g* Wachs und 200 *g* Schwefelblüthe werden zusammengeschmolzen und hierbei mit 100 *g* Eisenfeilspänen und 100 *g* feinem Sand vermischt, dann wird das Ganze noch 5—10 Minuten lang erhitzt.

2. Steinkitt:

a) 6 *g* Mastix und Bleiweiss werden fein pulverisirt und mit 4 *g* Wachs zusammengeschmolzen.

b) 4 Theile gelbes Harz mit 1 Theil Wachs geschmolzen, darauf mit 1 Theil geschlämmtem Ziegelmehl oder Kreide vermengt. Dieser Kitt kann auch zum Befestigen von Metall auf Stein benutzt werden.

c) 100 Theile Harz mit 100 Theilen Wachs geschmolzen und 200 Theile Ziegelmehl und 200 Theile feiner Sand hinzugerührt;

d) 100 *g* Schellack mit 100 *g* Bimssteinpulver zusammengeschmolzen. Diese Masse ist auch zum Kitten von Aquarien empfehlenswerth. Die zu verbindenden Steine werden mit einer Schellacklösung in Weingeist vorher bestrichen.

e) 48 Theile Colophonium, 6 Theile Wachs, 2 Theile Schellack und 3 Theile Mastix werden geschmolzen und dieser Masse 6 Theile Terpentin, 3 Theile Schwefel und 16 Theile Ziegelmehl allmälig hinzugesetzt. Gut verwendbar als Fugenkitt für Wassermauern; die Fugen sind zu erwärmen und der Kitt ist heiss einzugiessen.

f) 24 Theile Colophonium oder Pech, 3 Theile Wachs, 2 Theile Terpentin und Ziegelmehl nach Bedarf.

g) 12 Theile Colophonium, 3 Theile venetianischer Terpentin, 1 Theil Wachs, 2 Theile Mastix mit etwas Gyps oder Ziegelmehl. Diese Masse wird namentlich für feinere Verkittungen verwendet.

3. Kitt für eiserne Röhren und Platten:

a) 16 Theile Harz mit 1 Theil Wachs zusammengeschmolzen, dann 16 Theile (duch Erhitzen) getrocknete Schlämmkreide hinzugesetzt;

b) 2 Theile Schwarzpech, 1 Theil Ziegelmehl und Schwefel bis zum Gewichte des Pechs.

4. Kitt zum Befestigen von Messerklingen, Gabeln, Feilen u. s. w. mit hölzernen Griffen:

a) 2 Theile Schellack, 1 Theil Kreide oder feines Ziegelmehl;

b) 20 Theile Colophonium, 5 Theile Schwefel und 8 Theile Eisenfeilspäne.

5. Kitt zum Dichten von Fussbodendielen u. s. w.: 20 *g* Wachs mit 5 *g* Harz geschmolzen und mit 5 *g* indianischem Roth vermischt. Dieser Kitt erhält die Farbe von Mahagoniholz.

6. Kitt zum Ausfüllen von Astlöchern, Fugen und Rissen in Fensterrahmen. 1 *kg* geglühter und feingeschlämmter Ocker wird nach dem Erkalten pulverisirt und mit 500 *g* Colophonium, das geschmolzen und mit 500 *g* Terpentin vermischt wird, vermengt. Der Kitt ist warm in die Fugen u. s. w. zu giessen; die schadhaften Stellen müssen möglichst trocken sein. Der Kitt wird steinhart; hervortretende Massen können mit dem Meissel weggestemmt werden.

7. Kitt für Knochen (Elfenbein), Horn und Schildpatt:

a) 200 *g* weisses Wachs, 400 *g* Harz, 250 *g* Terpentin, bei gelinder Wärme geschmolzen;

b) 300 *g* Mastix, 900 *g* Schellack, 6 *g* Terpentin, 340 *g* Spiritus (von 90—92%). Dieser Kitt ist vor der Verwendung flüssig zu machen.

8. Drechslerkitt. 1 *g* Burgunderpech und 75 *g* gelbes Wachs zusammengeschmolzen, sowie mit 1 *kg* Schlämmkreide gut vermischt.

9. Kitt zum Befestigen von Metall auf Kautschuk oder Guttapercha. 1 Theil pulverisirter Schellack in 10 Theilen Ammoniak gelöst.

10. Kitt zum Befestigen von Metall auf Glas: 2 Theile feinpulverisirte Silberglätte und 1 Theil trockenes Bleiweiss innig vermischt, dann mit gekochtem Leinöl und Copallack (auf 3 Theile Leinöl 1 Theil Lack) zu einem plastischen Teig verarbeitet.

11. Kitt zum Befestigen von Eisen auf Stein oder Holz:

a) 500 *g* Harz mit 125 *g* Schwefel zusammengeschmolzen und mit Eisenfeilspänen nebst feinem Sand oder Ziegelmehl innig vermischt;

b) 3 Theile Asphalt, 2 Theile Colophonium, 1 Theil Wachs und 4 Theile Sand oder Ziegelmehl oder pulverisirter Kalkstein.

12. Kitt für Glas, Stein und Eisen: 4 Theile Schwarzpech mit 1 Theil Wachs zusammengeschmolzen und mit 1 Theil Ziegelmehl oder Kreide vermengt.

Dieser Kitt ist warm auf die gleichfalls erwärmten Kittflächen aufzutragen.

13. Feuerkitt: 500 *g* Colophonium oder feines Pech, 125 *g* Schwefel und 30 *g* Terpentin werden zusammengeschmolzen, dann werden 500 *g* Marmorstaub hinzugesetzt und endlich wird das Ganze über gelindem Feuer kräftig umgerührt und auf einen nassen Stein gegossen.

14. Wasserdichter Kitt für Gusseisen- (Wasserleitungs-) Röhren: 24 Theile Cement, 8 Theile Bleiweiss, 2 Theile Bleiglätte und 1 Theil Colophonium werden sorgfältig miteinander vermischt und 2·5—3 *kg* von diesem Gemenge mit 250 *g* altem Leinöl, in dem 125 *g* Colophonium aufgelöst werden, zusammengerührt.

15. Kitt, welcher Wärme und Säuren widersteht: 100 Theile Schwefel, 2 Theile Talg und 2 Theile Harz werden bis Sirupdicke zusammengeschmolzen und der Masse Glaspulver beigemengt. Dieser Kitt ist warm aufzutragen, die zu verbindenden Flächen sind vorher anzuwärmen.

16. Kitt für Glas und Metall: 3 Theile Terpentinharz, 1 Theil Aetznatron und 5 Theile Wasser werden eingekocht und der Mischung gebrannter Gyps vom halben Gewichte derselben oder auch Zinkweiss, Bleiweiss oder Schlämmkreide hinzugesetzt. Diese Masse dient auch zum Verkitten von Messingtheilen der Petroleumlampen mit dem Glasbehälter, weil sie durch Petroleum nicht gelöst wird.

V. Kautschuk- und Guttaperchakitte.

Die Kautschuk- und Guttaperchakitte eignen sich besonders bei ätzenden Flüssigkeiten und unter Wasser zum Kitten von Hölzern u. s. w., zum Kalfatern von Schiffen, zum Verkitten lederner Treibriemen u. s. w.

1. Marineleim:

a) Fester (Seeleim): 1 Theil Kautschuk in 12 Theilen Terpentinöl gelöst und nach 10—12 Tagen mit 2 Theilen Schellack oder Mastix unter Umrühren in eisernen Tiegeln gekocht, bis die Masse vollständig gleichmässig geworden ist.

b) Flüssiger: Kautschuk wird in flüssigen Oelen (Steinkohlentheeröl) aufgelöst und mit einer Asphaltlösung versetzt.

Man verwendet den Marineleim zum Kitten aller dem Wasser ausgesetzten Holztheile und zum Kalfatern von Schiffen.

2. Glaskitt: 1 Theil Kautschuk in 60 Theilen Chloroform aufgelöst und mit 15 Theilen Mastix versetzt. Dieser Kitt ist vor seiner Verwendung mehrere Tage lang stehen zu lassen.

3. Kitt für Hölzer unter Wasser. 500 *g* Kautschuk in 18 *l* Steinöl gelöst und dann mit 2 Gewichtstheilen Schellack vermischt und das Ganze gekocht.

4. Kautschukkitt: 200 *g* Kautschuk werden bei 210° *C.* geschmolzen und dann mit 100 *g* (oder 300 *g*) fein pulverisirtem, frisch gelöschtem Kalk vermischt.

5. Rasch erhärtender Kitt: 1 Theil Kautschuk in 20 Theilen Schwefelkohlenstoff gelöst.

6. Durchsichtiger, farbloser Kitt für Glas u. s. w.: 75 *g* kleingeschnittener Kautschuk in 60 *g* Chloroform aufgelöst, dann 15 *g* Mastix hinzugesetzt und 8 Tage lang digerirt, bis auch dieser gelöst ist.

7. Um Kautschuk für Gase und Flüssigkeiten undurchdringlich zu machen, wird derselbe mit einer Mischung von 1 Theil Schellack und 10 Theilen Ammoniak imprägnirt.

8. Kitt für lederne Treibriemen.

VI. Rost- oder Eisenkitte.

Die Hauptbestandtheile der Rost- oder Eisenkitte sind Eisenfeilspäne, Schwefel und Salmiak; Nebenbestandtheile sind Thon, Lehm, Sand, Kalk, Ziegelmehl u. s. w. Diese Kitte dienen zum Verschmieren eiserner Oefen, zum Dichten der Fugen von gusseisernen und schmiedeeisernen Röhren, Dampf- und Siedekesseln, Wasserbehältern aus Eisenplatten u. s. w., aber auch zum Befestigen von Metallen in Stein, zum Verkitten von Steinfugen u. s. w.

1. Kitt für eiserne Wasserleitungs- und Dampfröhren, Dampf- und Siedekessel u. s. w.

a) 60—100 Theile Eisenfeilspäne, 1—2 Theile Salmiak und 1 Theil Schwefelblumen werden zusammengemischt und beim Gebrauche mit Wasser oder schwachem Essig zu einem steifen Brei angerührt und unter beständigem Schlagen in die Fugen eingepresst.

b) 16 Theile Gusseisenfeilspäne, 2 Theile Salmiak und 1 Theil sublimirter Schwefel sind innig zu vermengen und trocken aufzubewahren.

Beim Gebrauche wird 1 Theil dieser Mischung mit 20 Theilen reinen Eisenfeilspänen im Mörser zerstossen und mit Wasser zu einem dicken Teig angerührt. Man verwendet diesen Kitt namentlich zum Dichten von Sprüngen und Rissen in gusseisernen Gegenständen. Nach dem Auftragen des Kittes ist der Gegenstand zusammenzupressen. Schon nach kurzer Zeit ist dieser Kitt so hart und fest wie das Metall.

c) Eisenfeilspäne mit Ammoniak; zum Verstreichen von Gusseisensprüngen.

2. Kitt für Feuerröhren:

a) 4 Theile Eisenfeilspäne, 2 Theile schwefelfreier Töpferthon, 1 Theil Porzellankapselscherben und gesättigte Kochsalzlösung; dieser Kitt kann Glühhitze ertragen.

b) 300 *g* Eisenfeilspäne, 200 *g* pulverisirter fetter Thon und 150 *g* feuerfester Thon werden miteinander innig vermengt und mit Salzwasser zu einem Brei angerührt.

3. Rostfeuerkitt. 5 Theile Eisenfeilspäne, 1 Theil feingesiebter Thon und Weinessig. Die Kittflächen sind vorher mit Essig anzunässen.

4. Wasserdichter Kitt für gusseiserne Röhren. 1 Theil gebrannter Kalk, 1 Theil römischer Cement, 1 Theil Töpferthon und 1 Theil Lehm werden mit Leinöl zusammengeknetet, das $^1/_6$ des Gesammtgewichtes besitzt.

5. Sorel's Kitt: aus Zinkoxyd und Chlorzinklösung mit wenig Borax oder Salmiak. Er dient zum Einkitten von Eisen und anderen Metallen in Stein.

6. Kitt für Gas- und Dampfleitungsröhren u. s. w., welcher der Nässe und Wärme, jedoch nicht unmittelbarer Einwirkung des Feuers widersteht. 2 Theile Mennige, 5 Theile Bleiweiss und 4 Theile trockener Pfeifenthon werden fein gepulvert, innig gemengt und mit Leinölfirniss zu einem steifen Brei verarbeitet.

7. Feuerfester Kitt (besonders für stark zu heizende Oefen). Ein Gemenge aus Lehm, Sand, Eisenfeilspänen, Salz, Kuhhaaren und Blut in beliebigem Mischungsverhältniss. Dieser Kitt muss langsam austrocknen.

8. Kitt für Kessel u. s. w. 300 *g* Eisenfeilspäne, 300 *g* Schwefelblumen, 250 *g* Ziegelmehl, 200 *g* gepulverter Salmiak, innig vermengt und

beim Gebrauch mit so viel Salmiakgeist versetzt, dass ein dünner Teig entsteht. Der Kessel muss ganz rein und trocken sein.

9. Kitt zum Verstreichen der Fugen eiserner Oefen. 1 Theil feingesiebte Holzasche, 1 Theil gestossener und gesiebter Lehm und etwas Salz und Wasser.

VII. Verschiedene Kitte.

1. Glycerinkitt. 50 *g* Bleiglätte und 5 cm^3 Glycerin.
2. Schieferkitt: aus Cement und Steinkohlentheer.
3. Kitt zum Ausbessern von Zinkornamenten. Natronwasserglaslösung (von 33° *Bé.*) mit feiner Schlämmkreide und etwas Zinkstaub innig vermengt; erhärtet in 6—8 Stunden und wird ausserordentlich fest. Polirt man ihn mit Achatstein, so wird er glänzend weiss wie metallisches Zink. Dieser Kitt soll auch ebenso fest an Stein und Holz haften.
4. Zahnkitt: 52 *g* chemisch reines Aetzkali und 48 *g* wasserfreie Phosphorsäure. Diese Masse wird in die vorher ausgetrockneten Zahnhöhlen gedrückt.
5. Wasserglaskitte: siehe § 250.
6. Asbestkitt: siehe § 225, 17 (Asbestcement).



DRITTER THEIL.

Die Neben- oder Hilfsstoffe.

Erstes Capitel.

Das Glas und das Wasserglas.*)

§ 239. Bestandtheile des Glases.

Allgemeines. Das Glas stellt eine durch Schmelzung bewirkte chemische Verbindung von kieselsaurem Kali oder Natron und kieselsaurem Kalk oder kieselsaurem Blei dar, denen färbende oder entfärbende Metalloxyde beigemischt sind. Die Glasmasse ist unkrystallinisch, durchsichtig, durchscheinend oder undurchsichtig, spröde, muschelig brechend, auf der Oberfläche und den Bruchflächen glänzend, farblos oder gefärbt.

Bestandtheile. Zur Herstellung von Glas benutzt man folgende Stoffe:

1. Kieselsäure, und zwar hauptsächlich Quarzsand, welcher durch sorgfältiges Schlämmen vollständig thonfrei gemacht sein muss, wenn es sich um die Erzeugung feinerer Glassachen handelt, oder pulverisirten Feuerstein, namentlich bei der Bereitung von Flintglas, oder fein gemahlenen Quarz (Rosenquarz), auch eisenfreien Quarzfels, welcher geglüht und in Wasser abgeschreckt wird, ferner Infusorienerde und zu ordinären Glaswaren (Flaschen u. dergl.) auch Mergel oder Lehm, welcher neben der in ihm enthaltenen Kieselerde auch ziemlich viel Alaunerde (Thonerde) in das Glasgemenge bringt. Bei der Herstellung optischer Gläser wird die Kieselsäure ganz oder theilweise durch Borsäure ersetzt. Die Borsäure macht das Glas leichter schmelzbar, erhöht seinen Glanz und verhindert das sogenannte Entglasen.

2. Alkalien, durch welche das Glas leichtflüssig und weich wird. Man verwendet für ordinäres Glas Holzasche, für besseres die aus der Holzasche gewonnene rohe Pottasche (kohlensaures Kali), für sehr feines Glas gereinigte Pottasche oder schwefelsaures Kali (Kaliumsulfat),

---

*) Benutzte Werke: Dr. F. Fischer, »Handbuch der chemischen Technologie«, Leipzig 1893, S. 733—777.

Gottgetreu, »Baumaterialien«, Bd. II, 3. Aufl., Berlin 1891, S. 413—442.

»Handbuch der Architektur«, 1895, Th. I, Bd. I, S. 281—289. — Karmarsch-Fischer, »Handbuch der mechanischen Technologie«, Bd. II, Th. III.

Dr. Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, Leipzig 1883, 4. Aufl., Bd. II.

Verschiedene Zeitschriften, Patentschriften u. s. w.

ferner die aus dem Kochsalz (Chlornatrium) gewonnene Soda (kohlensaures Natrium) oder Glaubersalz (schwefelsaures Natrium), letzteres meistens mit 6—8% Kohle, die jedoch dem Glase immer eine durch die gewöhnlichen Entfärbungsmittel nicht zu beseitigende blaugrüne Farbe, andererseits aber auch Glanz verleiht und zur Verhütung einer Entglasung bei hoher Hitze nöthig ist, oder endlich Steinsalz (Kochsalz). — Reine Kali- oder reine Natrongläser sind (nach R. Weber) depressionsfrei; daher eignen sich dieselben besonders zur Herstellung von Thermometern; in solchen wird weder der Siedepunkt, noch der Gefrierpunkt des Wassers herabgedrückt, wenn die erwärmten Glasröhren rasch abgekühlt werden.

3. Kalk, der das Glas wetterbeständiger, härter, glänzender, strengflüssiger macht. Der Kalk kommt in gebranntem oder an der Luft zerfallenem oder mit Wasser zu Pulver gelöschtem Zustande zur Verwendung und soll möglichst wenig Thonerde, Bittererde (Magnesia) und Eisen enthalten. Man verwendet Kalkstein, Marmor, Kreide, Kalkspath, Kalktuff und Wollastonit (kieselsauren Kalk) oder statt des Kalkes auch Baryt (Schwerspath), der dem Glas eine grössere Härte verleiht als z. B. Blei, endlich auch Strontian.

4. Mennige und Bleiglätte (Bleioxyd), welche die Strengflüssigkeit der Masse mildern und eine gründliche Mischung fördern sollen, und die dem Glase eine grosse Durchsichtigkeit, einen lebhaften Glanz, ein sehr hohes Lichtbrechungsvermögen, eine leichte Schmelzbarkeit, eine geringe Härte und damit leichte Schleifbarkeit verleihen und deshalb bei der Herstellung von Krystallglas, optischen Gläsern und künstlichen Edelsteinen im Glasgemenge niemals fehlen dürfen. Ferner verwendet man Zinnoxyd und Borax; letzteren namentlich zur Bereitung von Strass (künstlichen Schmucksteinen). Ebenso leicht schmelzbar wie Bleiglas kann man auch Kalk-Alkali-Glas machen durch einen Zusatz von Borsäure oder durch einen Ueberschuss von Alkalien, namentlich wenn Thonerde im Gemenge vorhanden ist.

5. Glasabfälle, und zwar das Schnittglas, das beim Beschneiden von Tafel- und Spiegelglas abfällt, Glasscherben (Bruchglas) und Herd-

Das Gemenge, aus welchem das Glas bereitet wird, nennt man Glas-z. Einige empfehlenswerthe Glassätze sind folgende:

Für Fensterglas: 73·4% Kieselsäure, 13·1% Natron, 11·9% Kalk, % Thonerde, 0·35% Eisenoxydul, 0·35% Manganoxydul.

Für halbgrünes Glas: 100 Gewichtstheile Quarzsand, 33 Theile tasche, 115 Theile ausgelaugte Holzasche, 22 Theile Kalk.

Für französisches Spiegelglas: 73% Kieselsäure, 11% Natron, % Kalk.

Für halbweisses Glas: 55 Gewichtstheile Quarzsand, 20 Theile tasche, 11 Theile calcinirtes Glaubersalz, 10 Theile Seifensiederfluss,) Theile Bruchglas.

Für gewöhnliches Tafelglas: 100 Gewichtstheile Kieselsäure, Theile Kalk, 40 Theile Soda.

Für weisses Fensterglas: 100 Gewichtstheile Kieselsäure, 42 Theile tasche, 17·5 Theile Kalk.

Für Bleikrystallglas: 300 Gewichtstheile Kieselsäure, 100 Theile tasche, 200 Theile Mennige, 0·6 Theile Arsenik, 0·45 Theile Braunstein.

Für Spiegelglas: 120 Gewichtstheile Quarz, 80 Theile gereinigte tasche, 40 Theile Marmor, 8 Theile Salpeter, 2 Theile Arsenik, 1/2 Theil unstein, 1/16 Theile Smalte.

Für Kalihohlglas: 100 Gewichtstheile Kieselsäure, 50 Theile Pottasche, Theile Kreide, 0·25 Theile Arsenik, 1·5 Theile Kalisalpeter, 1·5 Theile unstein.

Für Kalikrystallglas: 50 Gewichtstheile Quarz, 25 Theile Pottasche, Theile gelöschter Kalk, 1/4 Theil Arsenik, 1/2 Theil Kalisalpeter.

Für Natronhohlglas: 100 Gewichtstheile Kieselsäure, 22 Theile lk, 40 Theile Glaubersalz, 3 Theile Kohle.

Für deutsches Natronglas: 100 Gewichtstheile weisser Sand, Theile Glaubersalz, 8 Theile calcinirte Soda, 30 Theile Kalk, 3 Theile hlenpulver.

Für Pressglas: 300 Gewichtstheile Kieselsäure, 60 Theile Pottasche,) Theile Mennige, 70 Theile Soda, 10 Theile Kreide.

Für dunkelgrünes Weinflaschenglas: 20 Gewichtstheile Glauber-z, 20 Theile ausgelaugte Holzasche, 170 Theile Glasbrocken, 18 Theile fensiederfluss, 38 Theile Herdglas, 45 Theile Basalt.

Für Burgunder Flaschenglas: 56·7% Kieselsäure, 7·3% Natron, 8% Pottasche, 9·7% Kalk, 1·4% Eisenoxydul.

Für gewöhnliches Flaschenglas: 10 Gewichtstheile Quarzsand, Theile rohe Soda, 5 Theile Holzasche, 10 Theile Bruchglas.

Für Flintglas: 100 Gewichtstheile Kieselsäure, 43 Theile Pottasche, 5 Theile Mennige, — oder: 100 Theile Quarz, 30 Theile Soda, 100 Theile nnige.

Für Kronglas (Crownglas): 62·8% Kieselsäure, 22·1% Kali, 12·5% lk, 2·6% Thonerde, — oder: 100 Gewichtstheile weisser Sand, 32 Theile tasche, 17 Theile Soda, 12 Theile Kalk, 1·68 Theile Arsenik.

Für Bontemps'sches Kronglas: 120 Gewichtstheile Kieselsäure, Theile Pottasche, 20 Theile Soda, 15 Theile Kreide, 1 Theil Arsenik.

Für Faraday'sches Glas: 24 Gewichtstheile Kieselsäure, 104 Theile nnige, 24 Theile Borsäure.

Für Strass (künstliche Edelsteine): 100 Gewichtstheile pulverisirter Bergkrystall, 154 Theile Mennige, 0·33 Theile Arsenik, 54 Theile Aetzkali und 6 Theile Borsäure, — oder (französischer Strass): 38·1% Kieselsäure, 7·9% Kali, 1% Thonerde, 53% Mennige.

Für Porzellanglas (sogenanntes hot-cast porcelain): 100 Gewichtstheile Sand, 40 Theile Kryolith, 10 Theile Zinkoxyd, — oder: 100 Theile Sand, 46 Theile Kryolith, 12 Theile Zinkoxyd und 15 Theile Arsenik.

§ 240. Das Färben und Ueberfangen des Glases.

Als Farbstoffe dienen die Oxyde mehrerer Metalle, welche in dem geschmolzenen Glase als Silicate gelöst werden. Man benutzt für:

Roth: Goldpurpur (Rubinglas) — Kupferoxydul mit Zinnasche (für alle Farbentöne von rosenroth bis scharlachroth; Kupferrubinglas) — Selen (neues Färbemittel zur Erzeugung von Rosa) — Eisenoxyd (für ordinäres Roth; Eisenoxyd erzeugt eine unreine und matte Farbe).

Gelb: Silberoxyd — Chlorsilber (hellcitronengelb bis orange) — Anthracitkohle (goldgelb) — Antimonoxyd (topasgelb) — antimonsaures Kali — antimonsaures Bleioxyd — Spiessglanzgelb — Schwefel (matte gelbe Farbe) — Kadmiumsulfid (lebhaftes Gelb, Kaisergelb) — Uranoxyd (färbt Bleigläser grünlichgelb, Kalkgläser grün fluorescirend) — Uranoxydnatron (Annagelb) — Eisenoxyd (ordinäres braunrothes Gelb).

Grün: Chromoxyd (grasgrün) — Chromoxyd mit Eisenoxydul (unreines, mattes Grün, hauptsächlich zu Flaschen benutzt) — Antimonoxyd mit Mennige — Nickeloxyd — Kupferoxyd (herrliche smaragdgrüne Farbe) — doppeltchromsaures Kali (frisches Grasgrün).

Blau: Kobaltoxyd (violettes Blau bis Indigoblau) — geröstetes Kobalterz — Zaffer (himmelblau) — Kupferoxyd (himmelblau).

Violett: Manganoxyd mit einem kleinen Zusatz von Braunstein und Salpeter oder Goldpurpur — Braunstein allein (blassrosa bis tief violett und amethystroth) — Braunstein mit Kobaltoxyd (blauviolett) — Braunstein mit Eisenoxyd (braunviolett) — Nickeloxydul.

Braun: Eisenoxyd und Braunstein.

Schwarz (d. h. sehr dunkel gefärbt): Grössere Mengen von Eisenoxyd mit einem Zusatz von Kupferoxyd und Braunstein oder Chromoxyd — Iridiumsesquioxyd (sehr theuer, aber ein sehr schönes Schwarz erzeugend) — Basalt (für ordinäre Glaswaren).

Hyalithglas (für Medicingläser u. s. w.): Kobaltoxyd mit Kupferoxyd — Braunstein und Eisenoxyd.

Weiss (Milchglas, Beinglas): 8—20% weissgebrannte Knochenasche (phosphorsaurer Kalk) — Zinnoxyd — Bleioxyd — Guano. (Das Milchglas erscheint beim Durchsehen gegen das Licht reinweiss, das Beinglas dagegen röthlich opalisirend).

Opalglas (schillerndes Glas): Silberoxyd und Knochenasche.

Irisirendes (d. h. in allen Regenbogenfarben schillerndes) Glas: durch salpetersaures Wismuth als Ueberzug oder (nach dem Verfahren von Fremy) durch Behandlung des Glases mit Salzsäure unter hohem Druck erzeugt.

Perlmutterglas: zerkleinerter Glimmer.

Zur Herstellung des sehr geschätzten Kupferrubinglases wird in vielen Glashütten folgender Satz verwendet: 2000 Gewichtstheile Sand, 400 Theile

Mennige, 600 Theile Pottasche, 100 Theile Kalkstein, 20 Theile phosphorsaurer Kalk, 20 Theile Weinstein, 20 Theile Borax, 9 Theile Kupferoxydul und 13 Theile Zinnasche.

Im Allgemeinen lassen sich leicht schmelzbare Glasmassen schöner und mannigfacher färben als schwer schmelzbare; bei letzteren lassen sich einige Farbentöne entweder überhaupt nicht oder wenigstens nicht mit Vortheil erzeugen.

Eine Glasmasse mit einem Zusatz von Goldpurpur oder Kupferoxydul ist anfangs farblos und erhält erst die rothe Färbung, wenn sie nochmals schwach geglüht und dann sehr langsam abgekühlt wird. Schnell abgekühltes Glas mit diesen Farbstoffen bleibt farblos.

Farbloses Glas wird häufig unter der Einwirkung des Sonnenlichtes nach längerer Zeit farbig, und zwar meistens röthlich oder violett. Diese Eigenthümlichkeit zeigen besonders die gewöhnlichen, durch einen Eisengehalt ursprünglich grünlich gefärbten, aber durch einen Zusatz von Mangan künstlich entfärbten Gläser (z. B. ordinäre Fensterscheiben). Diese Verfärbung wird durch höhere Oxydation des Manganoxyduls zu Manganoxyd hervorgerufen und kann (nach Pelouze) durch Erhitzen der Glasmasse wieder beseitigt werden.

Anstatt die ganze Glasmasse mit einem der oben aufgeführten Farbstoffe zu vermischen, kann man eine Färbung auch dadurch erzielen, dass man farbloses Glas mit einer ganz dünnen Schicht gefärbten Glases überzieht. Diese Arbeit nennt man Ueberfangen und das auf diese Weise gefärbte Glas Ueberfangglas. Legt man die farbige Schicht nach aussen, so kann man durch theilweises oder gänzliches Abschleifen derselben oder auch durch mehrmaliges Ueberfangen und Abschleifen an einzelnen Stellen oder auch dadurch, dass man den Ueberfang von oben nach unten allmälig dünner gestaltet, nicht nur hübsche Farbentöne erzielen, sondern auch mannigfache Muster und Verzierungen erzeugen.

Als Ueberfang benutzt man leicht schmelzbare, gewöhnlich blei- oder boraxhaltige, mit Metalloxyden gefärbte, 3—5 *cm* dicke Glasstangen (Glaszapfen). Dieselben werden langsam schwach geglüht, dann wird von ihnen die erforderliche Menge abgetrennt und auf das zu überfangende, mittelst der Glasmacherpfeife schwach aufgeblasene, schwerer schmelzbare Hohlglas gebracht, auf demselben durch geschicktes Schwenken und Senken der Pfeife in der gewünschten Weise vertheilt und dann gleichzeitig mit dem Hohlglase fertiggeblasen. Oder man taucht das an der Pfeife sitzende Hohlglas in die geschmolzene farbige Glasmasse und bläst das Ganze aus. Soll der gefärbte Ueberzug nach innen kommen, so wird gefärbtes Glas an die Pfeife genommen und dieses in farbloses Glas eingetaucht.

§ 241. Eintheilung des ungefärbten Glases.

Man unterscheidet:

1. Grünes Glas (Bouteillenglas), welches aus Sand, ordinären Sodasorten, Holzasche, Rückständen von der Bereitung der Seifensiederlauge, Hochofenschlacken u. s. w. bereitet wird, bleifrei ist, aber sehr viel Eisenoxydul (3—7%) enthält. Es dient zur Fabrikation gewöhnlicher Bier- und Weinflaschen.

2. Halbgrünes Glas, ein Kali- oder Natronglas mit 1—2½% Eisenoxydul, aus welchem ordinäre Fensterscheiben, billigere Hohlglassachen (Flaschen, Medicingläser u. s. w.), gegossenes Rohtafelglas u. s. w. hergestellt werden. Dasselbe ist bedeutend heller als das vorige und in dünnen Stücken grünlich, in dicken grün erscheinend.

3. Halbweisses Glas, ein Kali- oder Natronglas mit einem auf der Schnittfläche deutlichen Stich ins Grünliche oder Bläuliche. Man benutzt es zu Verglasungen aller Art und zu besseren Hohlgläsern.

4. Dreiviertelweisses Glas, die weissesten Sorten von halbweissem Glas.

5. Weisses Glas, ein Kali- oder Natronglas mit sehr geringem Eisengehalt und aus reinen Rohstoffen. Es besitzt einen nur auf der Schnittfläche bemerkbaren, sehr schwachen Stich ins Bläuliche, Grünliche oder Gelbliche und wird zu besseren Verglasungen, guten Hohlgläsern, auch schon zu geschliffenen Glassachen (Schleifglas) verwendet.

6. Ganz weisses oder ganz farbloses Glas mit einem auf der Schnittfläche kaum bemerkbaren, äusserst schwachen, farbigen Stich. Man verwendet es zu geschliffenen Glassachen, zu Linsen für optische Instrumente u. s. w. Zu ihm gehört:

a) Das Spiegelglas, ein feines Kali-Natronglas aus den reinsten Rohstoffen, meistens mit 1—2% Bleioxyd, aber auch ganz bleioxydfrei. Man fertigt aus ihm Spiegel (vergl. § 245 *B*) und Schaufensterverglasungen.

b) Das Krystallglas, ein Glas mit hohem Bleigehalt (28—37%) und von grosser Schwere, das ein starkes Lichtbrechungsvermögen besitzt, weich und leicht schleifbar, leicht schmelzbar und demgemäss auch leicht bearbeitbar ist und zu den allerfeinsten geschliffenen Glassachen und Luxusgegenständen (z. B. zu Kronleuchtern) benutzt wird. Besonders geschätzt ist das nach dem Schleifen und Poliren ausserordentlich glänzende böhmische Krystallglas.

c) Das Kronglas (Crownglas), ein Kaliglas aus besonders reinen Rohstoffen, das wegen seiner Reinheit und Klarheit vorzugsweise zu optischen Zwecken Verwendung findet. Sehr reich an Kali und daher sehr weich ist auch das österreichische Solinglas, aus welchem man Uhrgläser, Thermometer- und Barometerröhren u. s. w. fertigt.

d) Das Flintglas, ein Bleikalisilicat (Bleioxydgehalt = 40—44%), aus welchem hauptsächlich die Linsen physikalischer Instrumente gefertigt werden. Zur Beseitigung der farbigen Ränder an optischen Gläsern für Fernrohre und Mikroskope wird hinter die stark brechende Flintglaslinse eine schwächer lichtbrechende Kronglaslinse gestellt, welche zum Theil die Lichtbrechung der ersten Linse und ganz die Farbenzerstreuung aufhebt.

e) Der Strass, ein Glas mit sehr hohem Bleioxydgehalt (50—53%), das leicht schmelzbar, ganz farblos, klar und durchsichtig ist, ein sehr starkes Lichtbrechungsvermögen besitzt und ohne weiteren Zusatz die unechten Diamanten (Similibrillanten), sowie die Grundlage für die Herstellung künstlicher Schmucksteine bildet.

Die von den Gebrüdern Stövesandt in Bremen bei der Fabrikation von Flaschenglas verwendeten Sätze sind (nach einer Mittheilung an den Verfasser) folgende:

Glasgemenge in Gewichtstheilen.

Rohstoffe	Halbweiss	Grün	Halbdunkel	Dunkel	Braun
Gelber Sand	—	503	509	500	485
Weisser Sand	566	—	—	—	—
Gelber Mergel	—	246	242	238	216
Kreidemergel	142	—	—	—	—
Weisser Mergel	28	64	57	56	57
Glaubersalz	220	142	142	142	128
Flussspath	28	39	17	17	34
Kohle	—	6	5	6	6
Coaks	16	—	—	—	—
Braunstein	—	—	15	18	—
Eisenstein	—	—	13	23	74
	1000	1000	1000	1000	1000

§. 242. Die Abkühlung des Glases.

Im festen Zustande ist Glas spröde und leicht zerbrechlich. Die Sprödigkeit nimmt ab mit der Dauer der Abkühlung und mit der Dicke des Glases. Wird Glas schnell abgekühlt, so springt es, oder es entstehen in seinem Inneren Spannungen, welche bei der kleinsten Verletzung der Oberfläche ein explosionsartiges Zerplatzen der ganzen Glasmasse hervorrufen. Beim Abkühlen des Glases bildet sich zunächst aussen eine dünne feste Rinde, während die inneren Theilchen der Glasmasse noch ganz weich sind. Beim Erkalten haben diese, wie alle Körper, das Bestreben, sich zusammenzuziehen und einander zu nähern; hieran werden sie durch die bereits erkaltete äussere Schicht, die sich ihrer Sprödigkeit wegen nicht weiter zusammenziehen kann, verhindert. Beseitigt man dieses Hinderniss irgendwo, indem man z. B. ein Stückchen vom Glase abbricht, so nehmen die Glastheilchen an dieser Stelle den ihnen zukommenden Raum ein, reissen hierbei die benachbarten Theilchen mit sich fort, diese wiederum die ihnen zunächst liegenden und so weiter, wodurch eine Trennung der einzelnen Atome herbeigeführt wird.

Als Beispiele für das Auftreten grosser Spannungen in schnell gekühltem Glase mögen hier die Glasthränen und die Bologneser Flaschen erläutert werden. Lässt man Glastropfen in kaltes Wasser fallen, so entstehen dicke, am einen Ende in einen feinen Faden ausgezogene Glasklümpchen, welche man Glasthränen nennt. Dieselben können auf ihrem dickeren Theile ziemlich kräftige Hammerschläge ohne jeden Nachtheil ertragen, während sie sofort explosionsartig zersplittern, wenn man ihre feine Spitze abbricht. Die auf dieselbe Weise plötzlich abgekühlten, sogenannten Bologneser Flaschen können ebenfalls einem starken Stoss oder Schlag widerstehen, aber sie zerspringen mit einem Knall in winzige Stücke, wenn man ihre Innenfläche mit einem spitzen Instrumente berührt oder ein kleines Quarzkörnchen in sie hineinwirft.

Es ist daher ein allmäliges Abkühlen des fertiggestellten Glases in einem Ofen, dessen Temperatur anfangs nicht viel unter dem Schmelzpunkt des Glases

liegen darf, vorzunehmen, um das Glas widerstandsfähig gegen einen Wechsel der Temperatur zu machen, und dringend geboten, wenn die Glasmasse eine verschiedene Dicke besitzt. Kühlt man jedoch schwer schmelzbares Glas zu langsam ab, oder lässt man es auf längere Zeit im Ofen liegen, dessen Temperatur das Glas erweicht, so wird es krystallinisch, undurchsichtig, weiss oder milchig, besonders aber wenn das Gemenge viel Kalk, Thonerde und andere erdige Basen enthält. Man nennt ein derartiges Glas entglastes, auch Glasporzellan oder (nach seinem Erfinder) Réaumur'sches Porzellan.

§ 243. Eigenschaften des Glases.

1. Härte. Wenn man Glas unter Einhaltung gewisser Vorsichtsmaassregeln schnell, aber gleichmässig abkühlt, nachdem es vorher fast bis zum Erweichen erhitzt worden ist, so erhält man ein sehr elastisches, festes, gegen Stoss, Schlag u. s. w. besonders widerstandsfähiges, hartes Glas, das unter dem Namen Hartglas in den Handel gekommen ist. Derartiges Glas kann stark erhitzt und hierauf mit Wasser bespritzt werden, ohne Sprünge zu erhalten; es bleibt sogar unversehrt, wenn man es nach dem Eintauchen in Wasser einer Flamme aussetzt; es ist (nach de la Bastie) doppelt so elastisch als gewöhnliches Glas, bei 2 *mm* Dicke 1·5mal, bei 3 *mm* Dicke aber 3·1mal so widerstandsfähig als 4 *mm* dickes gewöhnliches Glas, in Stärken von 6—13 *mm* und polirt 3·67mal so fest als gewöhnliches Glas von gleicher Dicke, im rohen Zustande dagegen 5·33mal so fest als gewöhnliches Rohglas. Eine Hartglasplatte von 3 *mm* Dicke brach erst, nachdem man auf sie ein Gewicht von 100 *g* aus 5·75 *m* Höhe hatte fallen lassen, während eine 6 *mm* dicke Platte aus gewöhnlichem Glase unter Anwendung desselben Gewichtes schon bei einer Fallhöhe von 0·80 *m* zertrümmert wurde. Eine Hartglasplatte von 5 *mm* Dicke hielt den Fall eines Gewichtes von 200 *g* aus einer Höhe von 4 *m* aus, während gewöhnliches Glas von gleicher Dicke schon durch ein Gewicht von 100 *g* bei einer Fallhöhe von 0·30—0·40 *m* zerbrochen wurde. Grössere Hartglastafeln, welche zu Boden geworfen wurden, bogen sich wie Bleche, ohne zu zerbrechen, und klangen beim Aufschlagen wie Metall.

Das Verfahren zur Herstellung von Hartglas ist ein verschiedenes. Alfred de la Bastie in Richmont benutzt als Abkühlungsmittel Härtebäder aus Oel, Fett, Wachs, Stearin, harzigen oder bituminösen Stoffen, Ingenieur Pieper in Dresden Wasserdampf (Vulcanglas), Friedrich Siemens in Dresden feste Gegenstände, welche Wärme aufzunehmen vermögen, z. B. Thon- oder Metallplatten, zwischen denen das rothglühende Glas gepresst wird (Presshartglas) u. s. w. Die Temperatur der Härtebäder richtet sich nach dem höheren oder niederen Schmelzpunkt der Glasmasse und wird neuerdings für Bleiglas zu 60—120° *C.*, für Natronkalkglas zu 150—300° *C.*, für Kalikalkglas zu 300° *C.* und darüber gewählt.

Das Hartglas hatte früher dieselbe gefährliche Eigenschaft wie die Bologneser Flaschen und die Glasthränen; sie zersplitterten bei der geringsten Verletzung, ja zuweilen sogar ohne dass irgend eine Veranlassung zu ermitteln war, doch soll es sowohl Friedrich Siemens durch eine Aenderung der Herstellungsweise und dem Glastechniker H. Hildebrandt in Wittichenau

(Schlesien) durch eine eigenthümliche chemische Zusammensetzung des Glassatzes gelungen sein, diesen Uebelstand, der auf die bisherige Verbreitung des Hartglases ausserordentlich hemmend gewirkt hat, zu beseitigen.

Das von Siemens fabricirte Presshartglas und das von Professor Bauer in Wien im Paraffinbade gehärtete Glas lassen sich selbst mit dem Diamanten nicht mehr schneiden, im Uebrigen können Hartgläser nur nach den schwarzen Linien getheilt werden, die sie im polarisirten Lichte besitzen.

Zu den Hartgläsern gehört auch das sogenannte Metallglas, welches von den Technikern der Solm'schen Glashütte, Lubisch und Riederer, erfunden wurde.

Die Härte des Glases hängt jedoch nicht nur von dem Abkühlungsverfahren ab, sondern auch von dem Gehalt des Glases an Kieselsäure, Bleioxyd und Alkalien. Die Härte vermindert sich mit der Abnahme des Kieselsäuregehaltes und der Zunahme des Gehaltes an Bleioxyd, Kali und Natron, jedoch ist Natronglas härter als Kaliglas, auch ist die Oberfläche einer Glasmasse stets härter als das Innere derselben. Mit der Härte wächst auch der Glanz und die Politurfähigkeit des Glases.

2. Specifisches Gewicht. Das specifische Gewicht schwankt beim Kalkglas zwischen 2·4 und 2·8, beim Bleiglas zwischen 3·0 und 4·9 und beträgt beim Spiegelglas 2·44—2·56, beim Krystallglas 2·80—3·20, beim Faraday'schen Flintglas 5·43 und beim O. Schott'schen Glase sogar 6·33. Glas mit einem höheren specifischen Gewichte als 2·8 enthält Blei oder Baryt. Leichtes Glas ist wenig wetterbeständig und von geringem Glanze.

3. Kubischer Ausdehnungscoëfficient. Derselbe schwankt (nach O. Schott) zwischen 0·0000137 und 0·0000337 und ist bei alkalireichem Glase grösser als bei alkaliarmem. Werden zwei Gläser von möglichst verschiedenen Ausdehnungscoëfficienten passend ausgewählt und überfangartig mit einander verbunden, so erhält man ein Glas, welches einem schroffen Wärmewechsel zu widerstehen vermag und trotz der — sogar beim langsamen Erkalten — eintretenden Spannungen, welche im Inneren des Glases Zug-, im Aeusseren Druckspannungen sind, eine Verletzung seiner Innenfläche verträgt, ohne wie Hartglas sogleich zu zersplittern. Aus solchem, von O. Schott in Jena erfundenen Glase, Verbundglas genannt, fertigt man Lampencylinder, Wasserstandsgläser für Dampfkessel, Kochflaschen, Abdampfschalen, chemische Apparate u. s. w. Erhitzt man Verbundglas und besprengt es darauf mit Wasser, so zerspringt es nicht.

4. Leitung der Wärme und Elektricität. Glas ist ein schlechter Wärmeleiter; setzt man die Wärmeleitungsfähigkeit des Silbers = 100, so beträgt die des Glases nur 0·03. Die Elektricität leitet Glas schlecht, wenn es sich im kalten Zustande befindet, aber gut, wenn es erhitzt ist, und zwar schon bei einer Temperatur von $+ 80^0$ *C.* an, am besten jedoch im rothglühenden Zustande.

5. Wärmedurchlässigkeit. Farbloses Glas von verschiedenartiger Zusammensetzung, jedoch ohne Eisengehalt, lässt strahlende Wärme hindurch. Setzt man dem Glasgemenge jedoch nur $1^0/_0$ Eisenoxyd und Reductionsmittel hinzu und schmilzt man das Ganze bei hoher Temperatur zusammen, so erhält man ein fast wärmeundurchlässiges Glas, welches Schirmglas oder Wärmeschirmglas genannt wird. (Erfinder: Richard Zsigmondy.)

Während gewöhnliches Spiegelglas von 8 *mm* Dicke z. B. 58—63% der strahlenden Wärme eines Argandbrenners hindurchlässt, lässt gleich dickes Schirmglas nur etwa 0·7% durch. Das Schirmglas eignet sich deshalb zur Herstellung von Lampen- und Ofenschirmen, Glasdachziegeln, Deckgläsern für Treibhäuser, Schutzbrillen gegen Feuersglut u. s. w.

6. Lichtbrechungsvermögen. Dasselbe ist schwach beim gewöhnlichen Glase, stark beim Bleiglase, sehr stark bei einem Glase, das Wismuth anstatt Blei und Thalliumoxyd anstatt Kali enthält.

7. Elasticität und Festigkeit. Richtig gekühlte Gläser sind elastischer als zu schnell oder zu langsam gekühlte, jedoch besitzt das Hartglas eine grössere Elasticität als gewöhnlich gekühltes Glas. Die Festigkeit ist am grössten beim Hartglas (besonders beim Presshartglas), am geringsten beim entglasten Glas (Porzellanglas). Elasticität und Festigkeit hängen aber auch von der Form und der Dicke des Glases ab. Nach Wertheim und Chevandier (siehe »Handbuch der Architektur«, Bd. I, S. 284) beträgt der Elasticitätsmodul für 1 cm^2 Fensterglas 791.700 *kg*, beim Spiegelglas 701.500 *kg*, beim ungefärbten, bleifreien Krystallglas 689.000 *kg* und beim weissen und farbigen Krystallglas 547.700 *kg*; die Zugfestigkeit für 1 cm^2 beim Fensterglas 176·3 *kg*, beim Spiegelglas 140 *kg*, beim ungefärbten bleifreien Krystallglas 100·2 *kg*, beim farbigen und weissen Krystallglas 66·5 *kg* und (nach Fairbairn) beim gekühlten Flintglas 161—179 *kg*, beim grünen Glas 203 *kg*, beim Kronglas 179 *kg*; — die Druckfestigkeit nach Fairbairn, wenn das Glas *a* die Gestalt eines Cylinders, *b* die Gestalt eines Würfels besitzt, der aus grösseren Stücken herausgeschnitten und daher schlecht gekühlt ist, beim gekühlten Flintglas *a* 1940 *kg*, *b* 923 *kg*, beim grünen Glas *a* 2241 *kg*, *b* 1421 *kg*, beim Kronglas *a* 2180 *kg*, *b* 1531 *kg* für das Quadratcentimeter; — die Biegungsfestigkeit nach Schwering beim geblasenen Rohglas von 3 bis 5 *mm* Stärke durchschnittlich 375 *kg*, beim gegossenen Rohglas abnehmend mit wachsender Stärke und zwischen $d = 5$ bis 15 *mm* sich berechnend aus der Formel: $200 + 16 \,.\, (15 - d)^2$ *kg*, beim Presshartglas etwa 1000 *kg* für das Quadratcentimeter.

8. Wetterbeständigkeit. Glas, das reich an Kieselsäure ist und neben dieser als Hauptbestandtheile mindestens zwei Metalloxyde, nämlich ein Oxyd eines Alkalimetalles und ein Oxyd eines Erdalkalimetalles oder statt des letzteren Blei-, Zink-, Wismuthoxyd oder Thonerde enthält, widersteht den Angriffen von Wasser und Säuren ziemlich stark. Schlechtes alkalireiches Glas wird von Wasser und von anderen Flüssigkeiten leicht angegriffen, und zwar leistet kalireiches Glas einen grösseren Widerstand als natronreiches. Derartiges Glas erblindet leicht an der Luft und vermag einen starken Wärmewechsel nicht zu ertragen. Bleihaltiges Glas wird je nach der Grösse des Bleigehaltes mehr oder minder von Salzsäure zersetzt und von Ammoniak angegriffen. Hierbei überzieht es sich mit einer ganz dünnen, in allen Regenbogenfarben schillernden Haut, d. h. es läuft an oder erblindet. Dieses Häutchen besteht aus Kali- und Natronsalzen, denn das Glas verliert Kali, Natron und etwas Kieselsäure und nimmt Wasser auf. Das Erblinden und Buntanlaufen von Fensterscheiben in Viehställen und Treibhäusern wird meistens durch Ammoniak hervorgerufen. Fluorwasserstoffsäure vermag selbst das festeste Glas vollständig zu zerstören und wird zum Aetzen des Glases benutzt. Sie dient aber auch dazu, blind gewordene Scheiben wieder klar zu machen.

Die Wetterbeständigkeit lässt sich am einfachsten durch Kochen eines Glasstückchens in concentrirter Schwefelsäure oder in Königswasser prüfen: gutes Glas bleibt hierbei ganz unverändert; ein frühzeitiges Erblinden lässt sich aus dem Verhalten des Glases nach der Einwirkung von Salzsäuredämpfen auf dasselbe beurtheilen: gutes Glas darf keinen Anflug zeigen, matt oder rauh erscheinen, nachdem man es 30 Stunden lang diesen Dämpfen ausgesetzt und hierauf, vor Staub und Ammoniak geschützt, in einem dicht schliessenden Behälter 24 Stunden lang aufbewahrt hat.

Die Glasfabrikation.

§ 244. Das Einschmelzen.

Das Glas soll möglichst rein, eben, farblos, durchsichtig, blasen-, wolken-, wellen-, streifen- und klumpenlos, auch nicht gewunden sein, damit die Gegenstände hinter der Glasscheibe beim Hindurchsehen nicht verzerrt erscheinen. Tadelloses Glas erhält man durch Benutzung möglichst reiner Rohstoffe und möglichst geringer Massen alkalischer Flussmittel, ferner durch eine möglichst vollkommene Mischung der Gemengtheile im Ofen und durch eine möglichst hohe Schmelztemperatur. Um den Glassatz gehörig durchzuarbeiten, wird er stundenlang mit Krücken umgerührt. Während dieser Arbeit stösst man mit einem Eisen ein Stück grünes Holz, eine Kartoffel, eine Rübe u. dergl. bis auf den Boden des Schmelzgefässes; durch das schnell verdampfende Wasser dieser Pflanzen wird die Glasmasse ausserordentlich stark aufgeschäumt und eine Trennung der Glassatztheile nach dem specifischen Gewichte vermieden. Man nennt diesen Vorgang das Blasen des Glases. Bei gewissen Glasmengen, namentlich stark bleioxydhaltigen, verwendet man auch Arsenik, das untersinkt und beim Verdampfen gleichfalls die Glasmasse in starke Bewegung bringt. Aber trotz aller Sorgfalt lassen sich Klumpen, Streifen u. s. w. — Schlieren genannt — nicht immer vermeiden, namentlich nicht bei einer grossen Glasmenge; ebenso schwierig ist es auch, die Luftblasen aus der Glasmasse ganz zu entfernen.

Die Rohstoffe werden getrocknet, dann möglichst fein gemahlen, sorgfältig vermischt und in offenen oder zum Schutze der Glasmasse gegen Rauch u. s. w. mit Hauben bedeckten und vorn eine Oeffnung (sogenannte Arbeitsöffnung) besitzenden, kreisrunden oder ovalen, sich nach unten etwas verjüngenden, etwa 60 *cm* hohen und in den Wandungen 9—12 *cm* starken Häfen geschmolzen, die aus feuerfestem und kieselsäurereichem Thon hergestellt und vor dem Gebrauche in eigens zu diesem Zwecke construirten, an den Schmelzofen angebauten Anwärme- oder Temperöfen vorgewärmt, geglüht und mit Glasabgängen eingeschmolzen sind. Bei der Fabrikation von Spiegelglas benutzt man auch viereckige Wannen. Als Schmelzofen dienen runde oder eckige, backofenartige, liegende Flammöfen mit Feuerungsraum am einen und Schornstein am anderen Ende, die mit Steinkohlen, in einigen Gegenden (z. B. in Venedig, im Thüringer-, Böhmer- und Bayerischen Wald) mit Holz, seltener mit Torf oder Braunkohle geheizt werden, oder Wannenöfen, bei denen der Herd unmittelbar als Behälter für die schmelzende Glasmasse benutzt wird und durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen getheilt ist, um in der einen das Schmelzen vornehmen und in der anderen das zur Verarbeitung fertige Glasgemenge aufbewahren zu können, oder zur

Vermeidung von Verunreinigungen des Glassatzes durch Flugasche und zur besseren Ausnutzung der Wärme Gasöfen, in denen die festen Brennstoffe zunächst in Gas verwandelt und letzteres mit vorgewärmter Luft im eigentlichen Ofenraum zur Verbrennung gebracht wird. Solche Glasschmelzöfen mit Gasfeuerung sind für Hafen- und Wannenbetrieb mit periodischer (seltener) oder continuirlicher Feuerung, sowie mit Vorwärmung des Gases und der Verbrennungsluft eingerichtet (Regenerativ-Gasfeuerung). Als der beste Gasschmelzofen wird zur Zeit der von Friedrich Siemens in Dresden vor wenigen Jahren construirte hufeisenförmige Wannenofen mit freier Flammenentfaltung angesehen, bei welchem die Heizkammer einen grösseren Raum als bei den älteren Schmelzöfen mit Gasfeuerung bildet und die Flamme des entzündeten Gases frei, fast ohne die Wände der Heizkammer zu berühren, verbrennt, so dass das Glas hauptsächlich durch die Strahlung der Flamme und des erhitzten Ofengewölbes geschmolzen wird. Dieses Heizverfahren, durch welches eine grosse Brennstoffersparniss (bis 48%) und die höchstmögliche Wärme erzielt wird, kann aber auch für Hafenbetrieb angewendet und so eingerichtet werden, dass ein stetiger Arbeitsbetrieb herrscht, indem in der einen Abtheilung das Glas geschmolzen und geläutert, in der zweiten das zähflüssige Glas zur Verarbeitung aufbewahrt und entnommen, in der dritten der neue Glassatz eingetragen und vorgewärmt wird.

Den Siemens'schen Regenerativ-Glasschmelzofen mit Hafen zeigt Figur 419 im Längendurchschnitt, Figur 420 im Querschnitt und Figur 421 im Grundriss. Unterhalb des Arbeitsraumes K liegen die Regenerator-Kammern G und G_1, welche mit lose aufgeschichteten feuerfesten Ziegeln angefüllt sind und abwechselnd von Luft und Heizgasen durchströmt werden. Das Gas tritt durch den Canal M in den Arbeitsraum ein. Auf der Ofensohle stehen 10 offene Hafen c (auf jeder Längsseite 5), die von den in der Längsrichtung strömenden Flammen umspült werden. Vor jedem Hafen ist ein Arbeitsloch a angeordnet. Von den Oeffnungen b aus, welche durch Platten geschlossen werden, kann man die beim Leckwerden oder Zerspringen der Hafen auf die Ofensohle fliessende Glasmasse leicht beseitigen.

Die Figuren 422—425 stellen eine continuirlich arbeitende, hufeisenförmig gestaltete Glasschmelzwanne mit Schiffchenbetrieb dar. Die vier Regeneratoren liegen neben einander. An einem Ende eines jeden Regenerators führt je ein Canal nach oben, unter denen sich die Flugstaubkammern befinden. Ein jeder dieser vier grossen Canäle g, l, g_1 und l_1, bildet einen der vier Gas, bezw. Luft einführenden oder die Verbrennungserzeugnisse abführenden Füchse. Wie die Zeichnungen erkennen lassen, münden die Gas- und Luftfüchse über einander verhältnissmässig hoch über dem Glasspiegel in den Schmelzraum ein. Dieselben sind entweder bis zur Ausmündung getrennt oder vereinigen sich schon etwas vor derselben, wie bei dem hier dargestellten Wannenofen. Die Flamme kann sich so in dem weiten Ofenraume frei und ungehindert entwickeln und den halbkreisförmigen Raum durchfliessen, ohne auf das Ofengewölbe, auf das eingetragene Gemenge oder den Glasspiegel aufzuschlagen, noch mit den Zwischenwänden in unmittelbare Berührung zu kommen.

Der Grundriss (Fig. 424) zeigt die Form eines Hufeisens, dessen Durchmesser bezw. Weite die vier Regeneratoren einnehmen, während in

der Richtung der Längsachse der Regeneratoren sich die eigentliche Wanne nicht viel über die halbe Gesammtbreite derselben ausdehnt. Ein hohes kugelschalenförmiges Gewölbe bildet den oberen Abschluss des Schmelzraumes. In Richtung der Regenerator-Längsachse schliessen sich an den Oberbau auf der einen Seite zwei Vorbauten für die aus den Regeneratoren aufwärts steigenden Canäle an, während auf der halbkreisförmigen Seite vertheilt die Arbeitsplätze mit der daran liegenden Arbeitsbühne sich befinden. Diese Vorbauten sind mit mehreren Oeffnungen versehen, um von aussen oder nach rückwärts das Innere der Füchse, sowohl deren lothrechten wie wagrechten Theil, beobachten und ausbessern zu können. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, sind die Vorbauten nicht in oder parallel der Längsachse der Regeneratoren errichtet, erheben sich vielmehr über je einem Paare derselben derart, dass ihre Mittelachsen der Mitte des Ofens zugewendet sind. Die Vorbauten stehen volkommen frei, daher gut gekühlt, und sind ohne inneren organischen Zusammenhang mit dem übrigen Oberofen als abgesonderter Ofentheil erbaut. Sie dienen weder als Widerlager des Ofengewölbes, noch sind sie von dessen Bewegungen irgendwie beeinflusst. Zwischen den Vorbauten befinden sich die Einlegestellen für das zu schmelzende Gemenge.

Aus dem Grundrisse ist ferner ersichtlich, dass die eigentliche Wanne durch zwei mit starken Luftkühlungen versehene radiale Zwischenwände in drei Räume gesondert ist, um die Möglichkeit zu gewinnen, drei verschiedene Farben Glas gleichzeitig in einem Wannenofen zu erzeugen. Selbstverständlich steht, je nach der Grösse der Wanne, einer Theilung derselben in mehr als drei Räume nichts entgegen, und es können vier oder mehr Sorten verschiedenfarbigen Glases hergestellt werden.

Bank des Ofens, Seiten- und Zwischenwände desselben müssen energisch gekühlt sein; es dienen hierzu die auf der Zeichnung auch dargestellten, mit einem grösseren Schornsteine in Verbindung stehenden Canäle k_1, k_2 und c, in denen frische Luft hindurchstreicht.*)

Generatorglas und Luft treten, in den Regeneratoren R_1, R_2 vorgewärmt, bei a in den Ofen und entweichen bei a_1 durch die Regneratoren R_3 und R_4 in den Schornstein. Bei Z erfolgt das Einbringen des Glassatzes in die Wanne.

Das geläuterte Glas gelangt in fast reinem Zustande nach den Arbeitsöffnungen d, woselbst es die zur Verarbeitung nothwendige Zähflüssigkeit durch gesteigerte Luftzufuhr in den Canälen c und bei den Oeffnungen d und demgemäss eintretende Abkühlung erhält. Schiffchen s, die vor den Oeffnungen d in die Glasmasse gesetzt werden, dienen dazu, die Läuterung zu vollenden. Diese aus Chamotte hergestellten Schiffchen sind leichter als die Glasmasse und schwimmen deshalb auf derselben. Ihre Construction zeigen die Figuren 426 (Verticalschnitt) und 427 (Horizontalschnitt). Durch eine oder mehrere Abtheilungen C erhält die Abtheilung B das Glas aus der Wanne, indem das Glas über die Trennungswand fliesst. Hierbei wird es nochmals der Hitze ausgesetzt und dadurch weiter geläutert. Aus der Abtheilung A wird das Glas zur Verarbeitung entnommen.

*) Illustrationen und Beschreibungen dieser Regenerativ-Glasschmelzöfen verdanken wir der Direction der »Actiengesellschaft für Glasindustrie vormals Friedrich Siemens« in Dresden, welcher diese vorzüglichen Constructionen patentirt sind.

Andere Glasschmelzöfen (z. B. der von Schinz, Nehse, Pütsch, Boetuis u. A.) haben eine geringere Verbreitung gefunden als die Siemens'schen Glasöfen mit Gasfeuerung.

Die Vorbereitung des Glassatzes (das Calciniren der Pottasche, der Soda und des Glaubersalzes) erfolgt im sogenannten Calcinirofen, die Herstellung der Fritte (d. h. das Erweichen der Glasmasse bis zum Festkleben der pulverförmigen Glassatztheilchen) in einem backofenartigen und mit dem Schmelzofen unmittelbar verbundenen Frittofen, welcher mit Steinkohlen, Holz oder Torf gefeuert wird.

Die beim Schmelzen auf der Oberfläche der Glasmasse (bei den früheren Schmelzmethoden sehr häufig, bei den jetzigen nur selten) sich ansammelnden Unreinigkeiten, welche meistens aus Natrium und Calciumsulfat bestehen und Glasgalle (Glasschaum) genannt werden, schöpft man mit eisernen Schaumlöffeln ab. Im Schmelzofen wird die Schmelztemperatur (etwa 1200—1250° *C*) so lange gehalten (d. h. heiss geschürt), bis die Glasmasse geläutert, d. h. dünnflüssig und klar ist und Glasblasen aus ihr nicht mehr emporsteigen. Da diese dünnflüssige Masse nicht verarbeitet werden kann (sie würde von der Glasmacherpfeife abtropfen), so muss sie im Schmelzofen bis auf 700 bis 800° *C.* abgekühlt werden. Bei dieser Temperatur bildet das Glas eine dickflüssige, leicht dehnbare und geschmeidige Masse. Damit der Glasbläser während der Verarbeitung das durch weitere Abkühlung unformbar gewordene Glas wieder weich, zähe und knetbar machen kann, indem er die Pfeife mit dem daran hängenden Glasklumpen durch die Arbeitsöffnung in den Schmelzofen schiebt, wird die Temperatur im Ofen so lange gehalten, bis die ganze Glasmasse verarbeitet ist.

Man rechnet gewöhnlich für das Einschmelzen des Glassatzes eine Zeit von 10—12, für das Läutern von 4—6 und für das Verarbeiten von 10—12 Stunden. Die gesammte Schmelzzeit hängt ab von der Beschaffenheit des Glasgemenges, der Güte des Ofens und der Grösse der Schmelzgefässe.

Die Verarbeitung ist je nach den Gegenständen, die hergestellt werden sollen, ganz verschieden. In den nachfolgenden Paragraphen soll die Art und Weise der Herstellung der wichtigsten Glassachen kurz besprochen werden.

§ 245. Das Tafelglas.

A. Das geblasene Tafelglas.

Das Tafelglas wird entweder durch die sogenannte Mondglasmacherei (ältere Methode), oder durch die Walzenglasmacherei (neuere Methode) erzeugt.

Bei der Herstellung des Mondglases wird mittelst der Glasmacherpfeife, einem schmiedeeisernen Blaserohr von 1·3—1·6 *m* Länge, 5—7 *mm* lichter Weite, mit hölzernem Mundstück am einen und Knopf am anderen Ende, eine **kleine** Glasmenge aus dem Hafen herausgenommen, durch Rollen auf dem Marbel, einer glatten gusseisernen Platte, und Blasen zu einer Kugel gestaltet und diese durch öfteres Eintauchen unter fortwährendem Drehen der Pfeife nach und nach zu einem Sphäroid vergrössert und abgeplattet. Hierauf wird von einem zweiten Glasarbeiter ein runder, 1·5 *m* langer eiserner Stab (Heft-, Nabel- oder Bindeisen) genau auf den Mittelpunkt der vorderen abgeplatteten Kreisfläche (dem Ochsenauge) mittelst

eines aus dem Hafen entnommenen Glasklümpchens angeheftet, dann die Pfeife von der Glasmasse abgesprengt und die Oeffnung erweitert. Nachdem man die Glasglocke durch die aus der Mündung des Auslaufofens herausschlagende Flamme wieder erweicht hat, breitet man durch rasches Umdrehen des Eisens die Glocke zu einer Fläche aus, schneidet dieselbe von dem Hefteisen ab und bringt sie in den Kühlofen. Der mittlere dickere Theil der Tafel, an welchem das Hefteisen gesessen hat, wird beseitigt oder stehen gelassen. Im letzteren Falle erhält man die sogenannten Butzenscheiben, die meistens nur einen Durchmesser von 12—18 *cm* besitzen.

Bei der Herstellung des Tafelglases mittelst der Walzenglasmacherei wird an den Knopf der Pfeife eine möglichst grosse Glasmenge (2 *kg* und mehr) genommen (Fig. 428 *a*) und derselben durch Rollen und Schieben auf dem Marbel und durch Blasen erst eine birnförmige (Fig. 428 *b*), sodann allmälig (Fig. 428 *c* und *d*), eine cylinderförmige Gestalt (*e*) gegeben. Hierbei erfolgt eine so grosse Abkühlung der Glasmasse, dass dieselbe fast erstarrt und ihre Form nicht mehr verändert. Der Cylinder wird hierauf im Schmelzofen an seinem unteren Theilen erweicht und dann durch Einblasen von Luft (*f*) an dieser Stelle durchlöchert, indem man die erweichte Masse zum Platzen bringt.

Diese Oeffnung wird nunmehr bis auf die Weite des Cylinders (*g*) gebracht, indem man die Pfeife dreht, den Cylinder schwenkt und ihn durch wiederholtes Anwärmen im Ofen nicht spröde werden lässt, und endlich mit einer Schere gerade geschnitten. Hierauf lässt man den Cylinder erkalten, legt ihn dann auf eine Unterlage und sprengt die Pfeife, sowie die Haube oder Kappe von ihm ab, indem man ihn an der betreffenden Stelle mittelst eines rothglühenden Rundsprengeisens erhitzt und durch einige Tropfen kalten Wassers rasch abkühlt (*h*). Endlich sprengt man den Cylinder der Länge nach auf dieselbe Weise mittelst eines glühenden Langsprengeisens auf, schiebt ihn in den Streck- oder Plattofen auf eine an der heissesten Stelle liegende, aus feuerfestem Thon und Cement hergestellte, gebrannte und geebnete, mit Kalk bestäubte Streckplatte so, dass der Sprung sich oben befindet, öffnet ihn, sobald er erweicht ist, mittelst eines Stabes (Streckeisens), legt ihn zu einer Tafel auseinander und ebnet ihn (*i*) mit einem Polirholze, indem man mit diesem zur Verhinderung von Beschädigungen sanft über die Tafel hin und her fährt, wobei das Polirholz verkohlt. Dann schiebt man die Tafel in den mit dem Streckofen unmittelbar verbundenen Kühlofen, stellt sie hier aufrecht an Eisenstäbe und lässt sie 4—5 Tage lang allmälig abkühlen. (Es sei noch bemerkt, dass Pilkington statt der Sprengeisen einen brennenden Kohlenoxydgasstrahl zum Absprengen der Haube, sowie zum Oeffnen des Cylinders empfiehlt.)

Soll die Tafel geriffelt sein, so wird die Glasmasse in eine mit entsprechenden Rippen versehene Eisen- oder Messingform eingeblasen oder auf einer mit wellenförmigen Unebenheiten hergestellten Platte gestreckt; soll sie eine flache Wölbung erhalten, um z. B. als Scheibe für runde Balkons Verwendung zu finden, so wird sie im Streckofen auf eine nach der gewünschten Wölbung abgerundete Eisenplatte gelegt. Das geriffelte, geblasene Glas wird Schuppenglas oder cannelirtes Glas genannt.

Das Mondglas besitzt eine grosse Gleichmässigkeit, einen schönen Glanz, eine grosse Biegsamkeit und wird noch heute in England als Tafel-

glas gern verwendet, während es auf dem Continent hauptsächlich nur zur Verglasung von Laternen dient. Zu diesem Zwecke müssen die runden Scheiben meistens beschnitten werden, um viereckige Stücke zu erhalten; daher ist der Abfall sehr gross. Die Abmessungen u. s. w. des Mondglases betragen: *)

Dicke 1·4 *mm*, Gewicht für das Quadratmeter 3·66 *kg*, Höhe 790 *mm*, Breite 530 *mm* (ordinäres Format);

Dicke 2·1 *mm*, Gewicht für das Quadratmeter 5·5 *kg*, Höhe 860 *mm*, Breite 460 *mm* (hohes Format).

Das Walzenglas (Tafelglas, Cylinderglas, gestreckte Glas) kommt in Tafeln bis 1·65 *m* Höhen und 1·02 *m* Breite, die bis 15 *kg* wiegen, im Handel vor, doch sind die Tafeln meistens nur 4 *kg* schwer und besitzen je nach ihrer Dicke verschiedene Höhen und Breiten, und zwar unterscheidet man:

dünnes oder $^7/_8$-Glas, etwa 1·5 *mm* stark, Gewicht für das Quadratmeter = etwa 3·6 *kg*;

ordinäres oder $^4/_4$-Glas, etwa 2 *mm* stark (einfaches Glas), Gewicht für das Quadratmeter = etwa 4·8 *kg*;

$^5/_4$-Glas, etwa 2·5 *mm* stark, Gewicht für das Quadratmeter = etwa 6·0 *kg*;

$^6/_4$-Glas, etwa 3 *mm* stark (anderthalbfaches Glas), Gewicht für das Quadratmeter = etwa 7·2 *kg*;

$^8/_4$-Glas, etwa 4 *mm* stark (Doppelglas für Oberlichter u. s. w.), Gewicht für das Quadratmeter = etwa 8·4 *kg*.

Die Tafelgläser werden nach vier »Wahlen« sortirt, von denen die erste Qualität (ganz reines, tadelloses Glas) ihres hohen Preises wegen nur ausnahmsweise verwendet wird. Für bessere Bauten benutzt man Glas der zweiten oder dritten Wahl, für untergeordnete Gebäude (namentlich Ställe) auch Glas der vierten Wahl. Die reinsten Sorten des $^6/_4$- und $^8/_4$-Glases verwendet man auch als Spiegelscheiben, nachdem man sie geschliffen und polirt hat. Dieses geblasene Spiegelglas kommt in zwei Sorten in den Handel, nämlich als Judenmaass- und Zollgläser.**) Das einfache Judenmaass

Zahl angerechnet wird; z. B. werden für eine Tafel von 35 und 49 *cm* Seitenlänge nicht 84 addirte Centimeter, sondern $36 + 50 = 86$ addirte Centimeter für die Preisbestimmung angesetzt.

Geblasenes Glas besitzt durchschnittlich eine grössere Festigkeit als gegossenes von gleicher Stärke.

Einen unzerbrechlichen Ersatz für Fensterglas soll das Tektorium liefern, das aus einem galvanisirten und mit einer eigenartigen Masse überzogenen Drahtgewebe besteht und in Rollen von 60 und 120 *cm* Breite und 7 *m* Länge in den Handel kommt. Das Tektorium soll zähe und geschmeidig, in Wasser unauflöslich und wetterbeständig sein, es soll sich biegen, schneiden, nageln und kitten lassen, das Licht durchlassen, die Sonnenstrahlen brechen und daher das Durchsehen verhindern. Es wird für Fabrikfenster und -Oberlichten, Gewächshäuser, Wintergärten, Veranden, Pavillons u. s. w. empfohlen, auch zur Herstellung von Fenstervorsetzern, Transparentlaternen, Firmenschildern u. s. w. Dieser Ersatzstoff besitzt jedoch den Nachtheil, dass er etwa doppelt so theuer ist als gutes Fensterglas.

B. Das gegossene Tafelglas (Roh- oder Spiegelglas).

Die geschmolzene Glasmasse wird auf eine Tischplatte gegossen, welche auf einem festen Gestell, das auf Rollen läuft, ruht und durch Abhobeln geebnet, sowie mit zwei parallelen, beliebig verschiebbaren, 6—50 *mm* hohen Leisten, deren Höhe der Glasdicke entspricht, versehen ist. Die aus Gusseisen oder Bronze bestehende Platte hat 3—7 *m* Länge, 1·8—4 *m* Breite und 10 bis 45 *cm* Dicke; sie wird durch ein Holzkohlenfeuer erwärmt. Die Glasmasse wird aus dem Hafen oder der Wanne in Zickzacklinien aufgegossen, wobei man sich häufig eines Giessereikrahnes bedient, und mittelst einer 250—300 *kg* schweren, hohlen, oft innen mit Wasser abgekühlten, auf den Leisten laufenden Metallwalze (meistens Bronzewalze) gleichmässig auf den Tisch vertheilt. Sobald die gegossene Spiegelscheibe einigermaassen erstarrt ist, wird sie in den neben der Auswalztafel stehenden, dunkelroth glühenden Kühlofen mit Hilfe der Krücke geschoben (eines **U**-förmigen Eisenstabes, der zangenartig den kältesten, vom Kühlöfen abgewendeten Rand des Glases umfasst) und dort, auf feinem Sand gelagert, langsam abgekühlt, was mitunter 3—5 Tage, mitunter aber auch 14 Tage in Anspruch nimmt. Hierauf wird die Tafel, wenn wegen vorhandener Blasen, Körner, Flecken u. s. w. erforderlich, mit einem Diamanten in kleinere Stücke geschnitten und, wenn sie als Rohglas zur Beleuchtung unterirdischer Räume u. s. w. Verwendung finden soll, nicht wieder bearbeitet, wenn sie aber als Spiegelglas zum Verglasen von Schaufenstern, zur Herstellung von Spiegeln u. s. w. dienen soll, geschliffen und polirt.

Vor dem Schleifen wird die Glasplatte auf einen Steintisch gekittet. Es erfolgt zuerst das sogenannte Rauhschleifen, indem man auf die Glasplatte groben Sand und Wasser bringt und über sie eine gusseiserne oder schmiedeeiserne, flachrandige Schleifscheibe von 1 bis 4 *cm* Dicke und 13—45 *cm* Durchmesser, oder eine Stein- oder Glasscheibe hin und her bewegt, was durch die Hand des Arbeiters oder besser mittelst besonderer Maschinen — z. B. der Fliegrahmenmaschine von James Watt, der Schleifmaschine von Nicholson & Wadsworth, von Jos. Crosfield,

von Franz Peters, von Emil Offenbacher u. s. w. — bewirkt wird. Einen Offenbacher'schen Rundschleifapparat mit Planetenbewegung der Schleifscheiben oder Obersteine und fahrbarem Tisch von 3·5 *m* Durchmesser zum Schleifen von Spiegelgläsern stellt Figur 429 dar; auf den viereckigen Obersteinen aus Marmor können auch Gläser befestigt werden, so dass also Glas mit Glas geschliffen werden kann; ferner besitzt der Apparat eine während des Betriebes einstellbare Press- und Entlastungsvorrichtung.

Auf das Rauhschleifen folgt das Klarschleifen oder Douciren unter Benutzung feineren Sandes oder eines feinen Sandsteines und Wasser, dann das Feindouciren mit geschlämmtem Schmirgel und endlich das Poliren mit feingeschlämmtem Eisenoxyd (Englischroth, caput mortuum) und einer Pappel- oder Weidenholzscheibe u. s. w. Das Poliren erfolgt häufig in drei Abstufungen, nämlich in:

a) Ueberreissen mit grobem Polirschlamm, *b*) Blauen mit feinem Polirschlamm, *c*) Abziehen mit Zinnasche und unter Verwendung von Korkscheiben oder filzbekleideten Holzscheiben. (Siehe auch § 246 und die Fig. 430 und 431.)

Wird die Auswalztafel mit wellenförmigen Unebenheiten versehen, so erhält man geriffeltes Rohglas. Stärker geriffelte Platten haben (nach Schwering) eine grössere Festigkeit als gleich starke Rohglasplatten ohne Riffelung.

Will man aus der Spiegelscheibe einen **Spiegel** fertigen, so belegt man dieselbe einseitig mit einem Amalgam aus Quecksilber und Zinn (Quecksilberspiegel) oder mit reinem Silber (Silberspiegel) oder mit Platinchlorid (Platinspiegel) oder mit einer Legierung aus 34—35% Zinn, 63—64% Kupfer ohne oder mit 1—2% Antimon, Arsen und Nickel oder endlich mit einer Legierung aus gleichen Theilen Platin und Stahl. Um Spiegel (auch Glasscheiben) vor dem Erblinden zu schützen oder erblindete wieder klar zu machen, erhitzt man 12 *g* Flussspath, 12 *g* Schwefelsäure von 60°, 12 *g* Wasser in einer Bleiretorte, welche einen dreimal grösseren Cubikinhalt als die Mischung besitzen muss, mit Vorsicht nach und nach den Hals der Retorte unter Wasser eines vorgesetzten Gefässes leitend (1 *l* auf 12 *g* Flussspath) und auf das Wasser etwas Terpentin giessend. Nach etwa zwei Stunden wird mit diesem Wasser die Glasscheibe gewaschen, dann mit reinem Wasser nachgespült und getrocknet. (Siehe Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, 1883, Bd. II, S. 462.)

Die Spiegelscheiben werden weiss oder dreiviertelweiss und gewöhnlich in Stärken von 10—20 *mm* bis zu 5·10 m^2 Grösse, aber auch darüber, angefertigt. Eine Platte von 5·10 m^2 Fläche vermag eine Belastung von etwa 450 *kg* zu ertragen.

Das Rohglas wird meistens in Stücken von 2 *m* Länge und 0·81 *m* Breite (= 1·62 m^2 Grösse) und in Stärken von 15—38 *mm* hergestellt. Es wiegen Platten dieser Grösse bei 15—16 *mm* Stärke 65 *kg*, bei 20—21 *mm* Stärke 82 *kg*, bei 25 *mm* Stärke 105 *kg*, bei 31 *mm* Stärke 125 *kg*, bei 37 bis 38 *mm* Stärke 150 *kg*. Die für Deckenlichter, Veranden u. s. w. bestimmten, mit parallelen oder rautenförmigen Riffeln versehenen, gegossenen Rohgläser sind durchschnittlich 5 *mm* stark und bis 1·7 m^2 gross (Länge 2·1 *m*, Breite 0·81 *m*); sie wiegen für das Quadratmeter etwa 12·5 *kg*. Dünne Gläser besitzen häufig in Folge schlechter Kühlung u. s. w. feine

Haarrisse oder unregelmässige Sprünge, durch welche die Festigkeit und Wetterbeständigkeit stark vermindert wird.

Die gegossenen **Glasfliesen**, welche in Decken Verwendung finden, die begangen werden, erhalten ebenfalls parallele Riffelungen oder sich kreuzende Furchen. Die Stärke der in Paris verwendeten Fliesen beträgt 6—7 *cm*, ihre Länge und Breite je 35 *cm*, die Tiefe ihrer Furchen 1 *cm*; ihre Farbe ist etwas grünlich. (Siehe »Handbuch der Architektur«, Theil I, Bd. I, S. 286.)

Die von der »Actiengesellschaft für Glasindustrie, vormals Friedrich Siemens« in Dresden fabrizirten **Glashartguss-Fussbodenplatten** zeigen verschiedene Riffelungen, sind von quadratischer Grundfläche mit den Seitenlängen 15, 16·5, 20, 22, 30, 33, 36, 39 und 42 *cm* und von weisser oder halbweisser Farbe.

Von den geblasenen oder gegossenen Tafelgläsern sind noch folgende Arten hervorzuheben:

Kathedralglas, ein dickeres Tafelglas mit rauher Oberfläche. Man verwendet es vorzugsweise in Kirchen, weil es das Tageslicht nur gedämpft in den Innenraum dringen lässt. Man kann es auch durch Ueberziehen mit einem Brei aus gleichen Theilen Basaltpulver, Salpeter und calcinirtem Borax mit Wasser, welcher getrocknet und eingebrannt wird, aus gewöhnlichem Glase herstellen.

Dacheindeckungsziegel. Sie werden in allen möglichen Formen, auch als Falzziegel und mit Verstärkungsrippen fabricirt und besitzen vor den aus Thon gefertigten den Vorzug grösserer Leichtigkeit und längerer Dauer. (Ein Glasziegel, von welchem 13 Stück für das Quadratmeter Dachfläche erforderlich sind, wiegt etwa 2·5 *kg*, während ein gleich grosser Thonziegel ein Gewicht von etwa 3·5 *kg* besitzt.)

Prismengläser für Einfalllichte. Diese von den Gebrüdern Klencke in Hemelingen bei Bremen erzeugten halbprismatischen Gläser bestehen aus reinem, weissem, nach einem besonderen Verfahren gehärtetem Glase. Durch sie wird das Licht bis weit in das Innere des zu beleuchtenden Raumes, sowie bis nahe unter die Decke geworfen und bedeutend verstärkt, so dass der Raum heller wird, als wenn das Licht unmittelbar ohne Glas durch die Oeffnung fiele. Diese Gläser, welche in eisernen Rahmen so verlegt werden, dass die schräge Seite der Prismen der Richtung entgegenliegt, nach welcher das Licht geworfen werden soll, eignen sich besonders zur Beleuchtung von Kellerräumen und Räumen unter Höfen und Strassen.

Die Festigkeit der Prismengläser ist eine grosse. Ein für den Fussgängerverkehr angefertigtes Einfalllicht von 1·71 × 0·91 *m* Grösse widerstand bei einer amtlich vorgenommenen Belastungsprobe auf dem Kreuzungspunkte zweier Sprossen einem Druck von 2200 *kg*, ohne zu zerbrechen. Von der genannten Firma werden auch neuerdings diese Gläser in verschiedenen Formen hergestellt.

Drahtglas. Dasselbe wird von der »Actiengesellschaft für Glasindustrie vormals Friedrich Siemens« in Dresden, in der Weise fabricirt, dass ein weitmaschiges, den Durchgang des Lichtes nur wenig beeinträchtigendes Drahtgewebe mit einer flüssigen Glasmasse vollständig umhüllt und das Ganze ähnlich wie Hartglas weiter verarbeitet wird. Die Glasmasse schützt die Metalleinlage gegen das Rosten. Drahtglas besitzt eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen Zerstörung, vermag, ohne zu zerspringen, einen schroffen Wärmewechsel

zu ertragen und hält noch, wenn es erhitzt mit Wasser besprengt wird und hierbei Sprünge bekommt. Prof. Hartig in Dresden hat das Drahtglas auf seine Festigkeit untersucht (siehe »Civilingenieur«, Bd. XXXVIII, Heft 3) und ermittelt, dass seine Biegungsfestigkeit das 1·39 fache von derjenigen des ohne Drahteinlage versehenen Glases beträgt, und »dass zur vollständigen Zerstörung mittelst eines ohne Stoss durchdringenden Körpers eine 558 fache Arbeit gegenüber dem gewöhnlichen Glase erforderlich sein würde, wenn es gelänge, die Ränder einer Platte so zu befestigen, dass beim Brechen des Glaskörpers das Drahtgewebe den Bruchstücken desselben nicht zu folgen vermag.«

Das Drahtglas eignet sich daher besonders zum Verglasen von Decken und Dächern (Lichthöfen, Bahnhofshallen), Fussböden und Fabrikfenstern, sowie zur Herstellung von Wasserstandsgläsern für Dampfkessel.

Die Platten werden (nach der Preistafel der Actiengesellschaft) in beliebigen Maassen bis zu folgenden Grössen angefertigt:

bei 7 und 8—10 *mm* Stärke bis 1·75 m^2 Flächeninhalt, aber nicht länger wie 2·50 *m* und nicht breiter wie 1·00 *m*;

bei 15 *mm* Stärke bis 1·50 m^2 Flächeninhalt, aber nicht länger wie 1·50 *m* und nicht breiter wie 1·00 *m*;

bei 20—25 *mm* Stärke bis 1·30 m^2 Flächeninhalt, aber nicht länger wie 1·30 *m* und nicht breiter wie 1·00 *m*.

Als Lagermaass führt die Fabrik bei Stärken von 7 und 8—10 *mm* 50×100 *cm* und 53×104 *cm*.

Da sich Drahtglas mit einem Diamanten nicht schneiden lässt, so ist es erforderlich, dasselbe in den genauen, benöthigten Maassen zu bestellen.

Glasbausteine. H. Mayer und Comp. (Glashütte Adlerhütte) in Penzig (Schlesien), fabriciren nach dem Patente von Falconnier aus geblasenem Glase feste Glashohl- und Bausteine, die wie gewöhnliche Backsteine mittelst Mörtel ($^1/_5$ Theil feiner Sand, $^3/_5$ Theil langsam bindender Portlandcement, $^1/_5$ Theil schnell erhärtender Romancement) zu Wänden, Decken und Gewölben zusammengefügt werden können. Durch die in ihnen enthaltene Luft sind sie gute Isolatoren gegen Kälte, Wärme, Geräusch und Feuchtigkeit, auch sind sie schlechte Leiter der Elektricität. Weil sie ferner nicht anlaufen und gefrieren, weil man Läden oder Vorhänge gegen Sonnenstrahlen bei ihnen entbehren kann und weil sie das Licht gut durchlassen, ohne dass man durch die Glaswand hindurch sehen kann, so können sie recht empfohlen werden. Man verwendet sie vortheilhaft für Räume, die möglichst viel zerstreutes Licht oder eine möglichst gleichmässige Temperatur erhalten sollen, also z. B. für Fabrik- und Operationssäle, Maler- und photographische Ateliers, Gewächshäuser und Wintergärten, Schlachthäuser und Eisfabriken, auch zur Bedeckung von Höfen, zur Herstellung von Lichtöffnungen in Mauern, in denen Fensteröffnungen durch Gesetz verboten sind, u. s. w. — Diese Glasbausteine werden in verschiedener Gestalt und in verschiedenen Farben (weiss, halbweiss, milchweiss, blau, grün u. s. w.) sowie als ganze, dreiviertel, halbe und Viertelsteine geliefert. Das Gewicht des Steines Nr. 7 (Fig. 432) beträgt 1·2 *kg* und für das Quadratmeter Wand- oder Deckenfläche sind 45 Steine erforderlich. Die Steine Nr. 8 (Fig. 433) und Nr. 9 (Fig 434) wiegen je 0·7 *kg* und je 60 Stück bilden zusammengesetzt ein Quadratmeter. Die Zusammensetzungen der einzelnen Steine zu Glaswänden zeigen die Figuren 435—437.

Glas-Hartguss-Mauersteine. Sie werden ebenfalls von der »Actiengesellschaft für Glasindustrie vormals Friedrich Siemens« in Dresden im Normalformat der Backsteine (25×12×6·5 *cm*) und hohl oder massiv, sowie halbweiss hergestellt. Ihre Verwendung ist dieselbe wie die der Glasbausteine.

Glas-Hartguss-Wandbekleidungsplatten. Diese von derselben Firma fabricirten Platten besitzen eine quadratische Grundfläche von 22 *cm* Seitenlänge und Stärken von 15, 20 und 25 *mm*. Sie werden in weissem oder halbweissem Glase und mit glatter oder geriffelter, auch gemusterter Oberfläche hergestellt. Auch die zum Abschluss dieser Wandbekleidungsplatten erforderlichen Friese und Gesimse stellt die Fabrik aus derselben Masse her.

Gepresste Glas-Wandbekleidungsplatten von Pieschel und Hoffmann in Bernsdorf (Schlesien). Sie haben eine quadratische Grundfläche von 14·3 *cm* Seitenlänge, eine Stärke von 8 *mm*, eine elfenbeinartige Farbe und sind an der Vorderseite mit Ornamenten versehen.

§ 246. Das Hohlglas.

Aus Hohlglas fertigt man Flaschen, Gläser, Schalen, Urnen, Blumenvasen, Lampencylinder, Lampenglocken, chemische Glasgeräthe (Glasröhren) u. s. w. Das Schmelzen des stets bleifreien Glassatzes erfolgt wie beim Tafelglas, die Verarbeitung mittelst der Glasmacherpfeife in ähnlicher Weise wie beim geblasenen Tafelglas, jedoch mit Benutzung von zwei- oder dreitheiligen, hölzernen oder eisernen, thönernen, messingenen Formen, in welche die dickflüssige Glasmasse eingeblasen wird.

Das gepresste und gegossene Hohlglas wird in gravirten Messingformen hergestellt, indem man die zähflüssige Glasmasse in die eine Hälfte der Form eindrückt und mit der zweiten darauf kräftig mittelst einer Schraubenpresse (oder auch Hebelpresse) drückt, wobei die überflüssige Glasmasse aus Seitenöffnungen der Form abfliesst. Damit das Glas die scharfen Kanten der Form ganz ausfüllt und die fertiggestellte Ware das Aussehen von geschliffenem Glase erhält, wird dem Glassatze Baryt und Zink, neuerdings auch Borsäure und Arsenik beigemengt.

Das Schleifen des Hohlglases erfolgt auf Bänken mit horizontaler oder verticaler Schleifscheibe. Eine horizontale Schleifscheibe wird benutzt zum Ebnen von Bodenflächen, Rändern u. s. w., eine verticale zur Herstellung von Cannelirungen, von Einschnitten und von sogenanntem Brillantschliff, sowie zum Schleifen von unregelmässig gekrümmten Flächen.

In Figur 430 ist ein horizontaler Schleifapparat dargestellt, bei welchem die gusseiserne Schleifscheibe während des Betriebes durch das Handrad *i* in der Verticalrichtung verstellt werden kann. Deshalb findet diese Maschine auch Anwendung zum Facetiren (d. h. zum Ausschleifen der schrägen Randflächen) von grösseren Spiegelscheiben. Figur 431 zeigt dagegen einen Schleifapparat mit Verticalscheibe, welche zwei nach hinten abgekröpfte Gusseisenständer *a* mit den Stahlschrauben *b*, in welchen die Kuglerspindel *d* gelagert ist, besitzt. Die Kuglerspindel ist mit gehärteten Stahlspitzen versehen und besitzt Pressscheibe, Gewinde und Mutter zur Befestigung der Schleifscheiben *f*, sowie einen dreistufigen Conus *e*. Beide Apparate werden von der bereits mehrfach genannten Maschinenfabrik und Eisengiesserei von Emil Offenbacher in Markt-Redwitz (Bayern) fabricirt.

Das Schleifen von Krystallglas geschieht mit feinem Sand und Wasser auf einer schnell rotirenden Scheibe, das Glätten auf einer nassen Steinscheibe, das Poliren anfangs auf einer hölzernen Scheibe und zuletzt auf einer Bürstenscheibe.

§ 247. Die Herstellung von Glasstangen, Glasröhren, Glasperlen, Faden- oder Filigranglas, Eisglas, Glasinkrustationen, Glasseide und Glaswolle, Glasmosaik, Musselinglas, Alabasterglas u. s. w.

Glasstangen und Glasröhren. Die mittelst der Glasmacherpfeife aus dem Hafen genommene Glasmenge wird auf dem Marbel zu einem Cylinder geformt und dieser von zwei Arbeitern, die in entgegengesetzter Richtung gehen, schnell auseinandergezogen, bis die Glasstange die erforderliche Dicke erreicht hat. Bei der Herstellung von Glasröhren wird die Glasmasse zu einem hohlen eiförmigen Ballon aufgeblasen und dann schnell von zwei Arbeitern in gleicher Weise, jedoch unter vollständig gleichmässiger Rotation der Pfeife und des ihr gegenüber angehefteten Eisens gedehnt, wobei sich zunächst der Ballon in der Mitte verengt und dann allmälig die Form einer Röhre annimmt, die zuletzt 20—30 *m* Länge hat.

Glasperlen. Glasröhren aus weissem oder gefärbtem Glas werden in kleine Stücke zerschnitten und in ein mit Kreide und Kohlenstaub oder mit Gyps und Reissblei gefülltes Gefäss geschüttet, um die Löcher mit dieser Masse auszufüllen und ein Zusammenbacken zu verhindern. Hierauf werden die Glasstückchen in eine eiserne Trommel geschüttet, welche über Feuer (bei Glühhitze) gedreht wird. Hierdurch werden die scharfen Kanten und Ränder der Glasstückchen rund verschmolzen. (Venetianische oder Stickperlen). Die dicken, massiven Perlen erhält man, wenn man einen zugespitzten Eisenstab in die geschmolzene Glasmasse eintaucht und ihn hierauf so lange dreht, bis die anhaftende Glasmasse vollständig rund geworden ist. Grössere Perlen (sogenannte Glaskorallen, Lüstersteine) werden dadurch gewonnen, dass man die zähflüssige Glasmasse in Formen presst und durchbohrt. Schmelzperlen werden aus Glasröhrchen von grösserer Länge und mit scharfen Rändern hergestellt. Hohle Glasperlen gewinnt man aus Glasröhren durch Aufblasen und späteres Ueberziehen der Innenfläche mit der sogenannten Perlenessenz, welche aus den glänzenden Schuppen des Weissfisches und dünnem Leimwasser bereitet wird. Bunte Hohlperlen, auch spiegelnde Perlen (sogenannte Marcasitperlen) werden in gleicher Weise fabricirt, jedoch mit in Gummi arabicum angeriebenen Farben oder leichtflüssigen Metalllegierungen im Inneren überzogen.

Faden- oder Filigranglas. Verschiedenfarbige, meistens jedoch undurchsichtig weisse Glasstäbe werden in undurchsichtiges geschmolzenes Glas getaucht und wie Glasstangen zu feinen Fäden ausgezogen. Diese stellt man an die Innenfläche einer Metall- oder Thonform in Gestalt eines hohlen Cylinders oder abgestumpften hohlen Kegels eng aneinander und befestigt sie unten durch weichen Thon. Hierauf werden die Stäbchen mit der Form so stark erhitzt, dass sie von einer mittelst der Pfeife in die Form eingeblasenen zähflüssigen Glasmenge nicht zum Springen gebracht werden können, sondern sich mit dieser (durchsichtig gewählten) Masse vereinigen.

Alsdann wird das Ganze aus der Form gezogen, erhitzt, auf der Marbelplatte gerollt, nochmals erhitzt und weiter aufgeblasen. Endlich werden die Glasfäden, indem man das untere Ende des Gefässes mit einer Zange zusammenzieht, in einem Punkte vereinigt. Sobald dieses geschehen ist, wird das Gefäss fertig geblasen. — Sehr häufig werden auch Gefässe mit dem Fadenglas eng umwunden und durch Erhitzen Gefäss und Fäden vereinigt. Auch legt man das Filigranglas in mannigfachen Schraubenwindungen auf dem Gefässe übereinander, so dass ein musselinartiges Gewebe entsteht. Stellt man zwei Gefässe (z. B. Becher) mit rechts und links gewundenen Spiralen aus Filigranglas in einander und schmilzt man sie zu einem einzigen Gefässe zusammen, so entstehen, weil sich die Gefässe nur an den erhabenen Stellen berühren, zwischen denselben Luftbläschen, welche dem Ganzen eine grosse Schönheit verleihen. Man nennt solche Gläser reticulirte und das Gewebe Petinet. In ähnlicher Weise werden die berühmten Millefiorigläser hergestellt, indem man verschiedene, aus farbigem Filigranglas nach bestimmter Zeichnung hergestellte Muster mit Krystallglas umhüllt.

Eisglas. Glühendes Glas wird in Wasser getaucht, damit sich auf ihm unendlich viele Risse bilden. Diese Risse werden durch Anwärmen unschädlich gemacht und durch weiteres Aufblasen des Gefässes wieder geöffnet. Häufig werden auch zur Erhöhung der Wirkung noch Glasbrocken aufgeschmolzen. Das Aussehen von gefrorenen Fensterscheiben erhält das Glas, wenn man es mit einer concentrirten Lösung von Zinkvitriol, die mit Dextrin versetzt ist, bestreicht; beim langsamen Verdunsten der Flüssigkeit krystallisirt das Salz (Eisblumenglas); durch einen Ueberzug mit hellem Firniss wird diese Krystallisation gegen Abreiben geschützt.

Uhrgläser. Man schneidet sie aus dünnen Glaskugeln aus oder stellt sie durch Pressen in Formen her.

Glasinkrustationen. Wenn man aus undurchsichtiger Glasmasse oder aus schwachgebrannter, unglasirter, weisser Thon- oder Porzellanmasse oder aus Gyps Thierfiguren, Brustbilder, Bouquets, Buchstaben u. s. w. herstellt und dieselben zwischen glühend aufeinander gelegten Krystallglasplatten oder kugelförmig mit einer durchsichtigen Glasmasse einschliesst, so erhalten diese Glaseinschlüsse einen silberähnlichen Glanz. Nimmt man zur Umschliessung Glas von passend gewählter gelber Farbe, so erscheinen die eingeschlossenen Gegenstände goldglänzend.

Glasseide und Glaswolle. Ein Glasstab (oder eine Glasröhre) wird in der Flamme einer Schmelzlampe (Glasbläserlampe) erhitzt und von demselben ein nur 0·006—0·012 *mm* dicker Faden ausgezogen und an einem Haspel befestigt. Letzterer wird umgedreht, während der Glasstab in der Lampe allmälig nachrückt. Der dünne Faden (Glasseide) wickelt sich hierbei auf dem Haspel in Form eines Strähns auf. Die Fadenbildung geht fast ununterbrochen und so schnell vor sich, dass in der Minute ein etwa 1800 *m* langer Faden entsteht. Dieser ist silberglänzend oder, wenn aus gelbem Glas gesponnen, goldglänzend. Die Glasfäden werden wie die Seidencoconfäden zu einem Gewebe vereinigt oder als Einschlag für Seidenzeug benutzt. Man fertigt aber auch aus ihnen Schleifen, Armbänder, Uhrketten, Cravatten, Damenhüte, geflochtene Gürtel, reiherartige Büsche, Quasten, Netze u. s. w. und benutzt sie ferner zu Fadenkreuzen für optische Instrumente, sowie zu Kratzbürsten für Vergolder und Goldarbeiter. Glasseide zeichnet sich aus:

durch eine entzückende Schönheit, grosse Leichtigkeit und Haltbarkeit, Unentzündbarkeit, schlechte Wärmeleitung und auch dadurch, dass man sie sehr leicht und gründlich reinigen kann, jedoch besitzt sie den Nachtheil grosser Sprödigkeit und Kostspieligkeit. Wird sie mit einem heissen Eisen gekräuselt und verfilzt, so entsteht aus ihr die sogenannte Glaswolle, welche als Filtrirstoff für stark saure Flüssigkeiten, als Gicht- und Rheumatismuswatte (ihrer grossen Wärmeerzeugung wegen), als Plüschbesatz u. s. w. Verwendung findet. (Siehe »Handbuch der mechanischen Technologie von Karmarsch-Fischer«, Bd. II, Th. III, S. 870/71.)

Glaspapier. Papier wird mit Leim bestrichen und hierauf mit Glaspulver bestreut. Glaspapier dient zum Abschleifen von Holzwaren.

Glasmosaik. Man setzt verschiedenartig gefärbte und undurchsichtige Glasstängelchen, Glasfäden oder Glaswürfel auf ein das Ornament oder Gemälde darstellendes Musterblatt mit einem festen Klebestoff mit der geschliffenen Seite nach unten auf und drückt das Ganze in eine gleichmässig mit Kitt überzogene Platte (z. B. Tischplatte) langsam und vorsichtig hinein, so, dass das Papier oben ist. Der Kitt durchdringt alle Fugen und hält das Ganze zusammen. Nach einiger Zeit löst man das Papier mit Wasser langsam und vorsichtig ab und wäscht das Bild mit Seife und weichem Schwamm rein. — Oder man stellt die Glaswürfelchen auf einer mit weichem Kitt überzogenen Platte nach dem Gemälde u. s. w. neben einander, schleift die Oberfläche ab, polirt sie und füllt endlich die feinen Fugen mit Wachs aus.

Glasmosaik zeichnet sich vor dem Marmormosaik durch eine grössere Haltbarkeit und eine viel mannigfaltigere, leuchtendere Farbe aus. Man hat so ausserordentlich viele Farbentöne zur Verfügung, dass die zartesten Farbenübergänge und Schattirungen dargestellt werden können.

Musselinglas, marmorirtes Glas. Man erzeugt es durch Aufbrennen eines aus Bleiweiss und Kalk bestehenden Gemenges oder dadurch, dass man das Glas mit einem Gemenge von Knochenasche, Borax und Kieselsäure überpinselt, dieses Gemenge eintrocknen lässt, eine mit der ausgeschnittenen Zeichnung versehene Schablone aus Blech oder Pappe darüberlegt, aus den offenen

glas in Wasser giesst, dann fein pulverisirt, hierauf bei geringer Hitze einschmilzt und schliesslich entsprechend verarbeitet.

Glaskugeln für Glühlichtlampen u. s. w. Man fertigt dieselben in eigenartig construirten, drehbankartigen Glaskugel-Blasmaschinen. Eine Abbildung und Beschreibung derselben findet man in »Dingler's polytechnisches Journal«, 1883, Nr. 247, S. 449 und Nr. 249, S. 93.

Physikalische und chemische Geräthschaften werden mittelst der bereits erwähnten Glasbläserlampe hergestellt.

§ 248. Die Glasraffinerie.

Unter Glasraffinerie versteht man das Mattiren des Glases, das Bemalen, Vergolden, Emailliren, Graviren, Aetzen u. s. w.

Das **Mattiren** wird durch Rauhschleifen, durch Aetzen mit Fluorverbindungen und mittelst des schon bei der »Bearbeitung der natürlichen Gesteine« erwähnten Tilghman'schen Sandstrahlgebläses hervorgerufen.

Das Rauhschleifen wurde bereits im § 245 beschrieben.

Beim Aetzen wird das erwärmte Glas mit einer dünnen Schutzdecke aus Bienenwachs oder aus einem Gemisch von 1 Theil Asphalt, 1 Theil Kolophonium und so viel Terpentin, dass die Flüssigkeit sirupdick wird, gleichmässig bekleidet. In diesen Ueberzug wird die Zeichnung u. s. w. mit einer Nadel oder auch mit der Guillochirmaschine eingeritzt, so dass die Glasfläche an diesen zu ätzenden Stellen frei liegt. Oder man legt, um eine feine netzartige Zeichnung zu erhalten, ein mit Fett getränktes Tüllgewebe auf die sorgfältig gereinigte Glastafel und ätzt letztere nur kurze Zeit.

Zum Aetzen verwendet man gasförmige Flusssäure oder saure Fluorverbindungen der Alkalimetalle. Ein wässerige Flusssäure erzeugt auf dem Glase keine Mattirungen, sondern nur Vertiefungen und glänzende Flächen. Nach der Aetzung wird der Ueberzug abgekratzt und das Glas mit Terpentin abgewaschen. Sollen die geätzten Stellen farbig erscheinen, so werden Harz, Terpentinöl und die gewünschte Farbe zusammen vermischt, und es wird diese Mischung erwärmt und dann eingerieben. Zum Aetzen genügt z. B. ein Bad von 250 *g* Fluorwasserstoff-Fluorkalium, 1 *l* Wasser und 250 *g* Salzsäure.

Das Verfahren mit dem Sandstrahlgebläse ist dasselbe, wie es im § 81 beschrieben wurde, jedoch ist hier noch zu bemerken, dass der Sandstrahl rauhe Flächen mit grobem Korn auf dem Glase erzeugt, während die Flusssäure u. s. w. matte Flächen mit feinem Korn hervorbringt, so dass die Aetzung vorzuziehen ist, umsomehr als durch sie mehrere Töne (bis zu fünf) erzielt werden können.

Matt geschliffenes Glas kann man auch durch Bemalen nachahmen. Man trägt dann mit einem breiten Pinsel eine Mischung von Bleiweiss, Firniss, Terpentin, gebranntem weissen Vitriol und Bleizucker auf die Glasfläche auf. Ist dieser Anstrich zu erneuern, so wird der alte mittelst starker Lauge oder einem Gemisch von 2 *g* Salzsäure, 2 *g* Vitriol, 1 *g* schwefelsaurem Kupfer und 1 *g* Gummi arabicum vorher entfernt.

Glasmalerei. Um auf Glas mit Oelfarben malen zu können, muss eine farbige, leicht schmelzbare Glasur hergestellt werden, indem man färbende Metalloxyde zu feinstem Pulver zerreibt und kurz vor der Verwendung mit

Oel und verdicktem Terpentin oder auch nur mit Gummiwasser auf einer Glasplatte anreibt und, um das Verbinden der Farben mit dem Glase zu erleichtern, geeignete Flussmittel hinzusetzt. Die Farbe wird dann mit dem Pinsel wie bei der Oelmalerei aufgetragen oder mit elastischen Stempeln aufgedrückt und darauf in einem Muffelofen bei mässiger Hitze eingebrannt, wobei das Oel oder das Gummiwasser ohne Nachtheil für die Farbe vernichtet wird. Zum Emailliren von Glas benutzt man sogenannte Email- oder Schmelzfarben.

In der Glasmalerei verwendet man hauptsächlich folgende Stoffe:

a) Als Flussmittel: ein Gemenge von Kieselsäure, Mennige und Borax.

b) Für Weiss: Zinnoxyd — antimonsaures Kali.

c) Für Schwarz: Iridiumsesquioxyd — Platinoxyd — Kobaltoxyd mit Manganoxyd.

d) Für Roth: Eisenoxyd — doppelte Silberlasur (siehe »gelb«) — Goldpurpur — Goldoxyd mit Zinnoxyd und Chlorsilber.

e) Für Braun: Manganoxyd — gelber Ocker — Umbra — Ferrochromat.

f) Für Gelb: Neapelgelb (antimonsaures Bleioxyd) — Eisenoxyd mit Zinnoxyd und Antimonoxyd — Silberlasur: Chlorsilber, Silberoxyd, chromsaures Silber oder Schwefelsilber und Schwefelantimon. Für undurchsichtige Malerei: Bleichromat — Baryumchromat.

g) Für Grün: Chromoxyd — Kupferoxyd.

h) Für Blau: Kobaltoxyd — Kalium-Kobalt-Nitrit.

i) Für Hellblau: Kobaltoxyd mit Zinnoxyd und Thonerde.

k) Für Violett: Braunstein.

(Nach der von Dr. Monke in Görlitz für die Baustoffsammlung des Technikum der freien Hansestadt Bremen gelieferten Zusammenstellung.)

Da die mit Farbe bemalten Gläser sehr theuer sind (ein mittelgrosses Kirchenfenster stellt sich auf 30.000 bis 50.000 Mark), so werden die Glasfenster meistens aus bunten Glasstücken zusammengesetzt, die mit Blei verbunden werden. Man benutzt hierzu ein Stäbchen aus gegossenem Fenster- oder Glaserblei oder Fensterzinn. Die Ränder der Glasstückchen greifen in

schnitt macht und von diesem aus mit der glühenden Spitze der Kohle in der Richtung der Theilung über dem Glase hinfährt. Dicke Spiegelscheiben werden auch in neuerer Zeit mittelst des Legrady'schen Glasschneiders geschnitten, welcher im Wesentlichen aus einem scharfkantigen Rädchen aus glashartem Stahle besteht. Glasröhren zertheilt man, indem man auf ihnen mit einer scharfen dreikantigen Feile einen Einschnitt macht und sie dann einfach an dieser Stelle mit den Händen durchbricht. Fensterglas wird auch mit der Glasschere geschnitten, welche Aehnlichkeit mit einer Handblechschere besitzt.

Ein Durchbohren des Glases wird ermöglicht, wenn man die zu durchbohrende Stelle mit einer Auflösung von Kampher und Terpentinöl anfeuchtet und mit der Spitze einer harten Feile, Rennspindel oder eines Rollenbohrers so lange bohrt, bis eine Oeffnung entstanden ist, die dann bis zu der gewünschten Weite ausgefeilt wird. Oder man benutzt zum Durchbohren fünfkantige, mit Terpentinöl benetzte Reibahlen oder (bei grösserer Weite) einen verjüngten Lindenholzzapfen mit Schmirgel und Oel in der Drehbank oder eine kupferne Röhre von 1·5 *mm* Durchmesser und Schmirgel, welche ebenfalls mittelst einer Drehbank und so eingebohrt wird, dass ein Glasscheibchen herausfällt. Zum Ausfeilen verwendet man auch Schmirgelfeilen aus Schellack und Schmirgel, die nur mit Wasser benetzt werden, sowie zum Durchbohren das Sandstrahlgebläse.

Ueber das Kitten des Glases siehe § 238.

§ 250. Die Bereitung und Verwendung des Wasserglases.

Bestandtheile. Wasserglas stellt eine Verbindung von Kieselsäure mit Kali oder Natron, also ein kieselsaures Alkali dar. Man unterscheidet: Kali-, Natron-, Doppel- und Fixirungswasserglas, welche zumeist aus folgenden Gemengen (in Gewichtstheilen angegeben) bereitet werden:

1. Kaliwasserglas: 15 Theile möglichst thonfreier Quarzsand oder Quarzpulver, 10 Theile gut gereinigte Pottasche und 1 Theil Holzkohlenpulver.

2. Natronwasserglas: 45 Theile Quarzpulver, 23 Theile Soda (wasserfreies kohlensaures Natrium) und 3 Theile Holzkohlenpulver,

oder 8 Theile calcinirte (geglühte) Soda, 1 Theil Holzkohlenpulver und 15 Theile Quarzsand,

oder 20 Theile calcinirtes (geglühtes) Glaubersalz, 5—6 Theile Holzkohlenpulver und 15 Theile Quarzsand,

oder 10 Theile Pottasche und 15 Theile Quarzsand.

3. Doppelwasserglas (eine Mischung von Kali- und Natronwasserglas): 100 Theile Quarzpulver und 121 Theile weinsaures Kalinatron,

oder 100 Theile Quarzpulver, 28 Theile gereinigte Pottasche, 22 Theile neutrales, wasserfreies Natrium und 6 Theile Holzkohlenpulver,

oder 3 Theile concentrirtes Kaliwasserglas und 2 Theile concentrirtes Natronwasserglas innig zusammengemischt.

4. Fixirungswasserglas (mit höherem Kieselerde- und Kaligehalt): concentrirtes und vollständig mit Kieselerde gesättigtes Kaliwasserglas mit 20—25 % Natronkieselfeuchtigkeit, zu deren Herstellung 3 Theile reines, wasserfreies kohlensaures Natrium mit 2 Theilen Quarzpulver zusammengeschmolzen werden.

Kali- und Natronwasserglas werden auch aus pulverisirtem Feuerstein oder geglühter und dadurch von allen organischen Bestandtheilen befreiter Kieselguhr (besonders aus der Infusorienerde von Oberlohe in Hannover) und starker Kali- oder Natronlauge hergestellt, doch zeigen diese Fabrikate stets eine schwache Färbung.

Die Gemengtheile werden gut vermischt, in gewöhnlichen Glashafen 8—10 Stunden lang bei etwa 1200° *C.* geschmolzen, dann abgekühlt, fein pulverisirt, in etwa 5 Theile siedendes Wasser unter beständigem Umrühren hineingeschüttet, 5—14 Stunden lang mit diesem Wasser gekocht, bis das ganze Wasserglas aufgelöst und nur ein Bodensatz übrig geblieben ist, und endlich durch weiteres Sieden behufs Verdampfen eines Theiles des Wassers concentrirt (Wasserglasgallerte), sowie erforderlichenfalls (z. B. beim Fixirungswasserglas) mit reiner Kieselerde (ebenfalls durch Kochen) gesättigt. Bei der Herstellung von Kaliwasserglas wird zur Beseitigung des häufig vorhandenen Schwefelkalium zuletzt beim Kochen etwas Kupferoxydul oder Kupferhammerschlag oder ein wenig Bleiglätte hinzugesetzt (ein grösserer Zusatz von Bleioxyd verursacht ein Gerinnen des Wasserglases). Wird Wasserglas durch vollständiges Verdampfen des Wassers bei Siedehitze (damit das Wasserglas keine Kohlensäure aufnehmen und dadurch gerinnen kann) zu einer festen Masse, so bläht es sich wie Bimsstein auf, wird in kaltem Wasser unlöslich und braust, mit Säuren begossen, auf. Unlöslich gewordenes Wasserglas kann durch siedendes Wasser wieder löslich gemacht werden.

Eigenschaften. In festem Zustande hat Wasserglas das Aussehen eines farblosen oder wenig gefärbten, durchsichtigen oder durchscheinenden Glases. Es ist an der Luft unveränderlich, hartglas, spröde und muschelig brechend. In siedendem Wasser aufgelöst, stellt es eine sirupdicke, klebrige und sich fettig anfühlende Masse vom specifischen Gewichte 1·24—1·25 dar, welche durch die Kohlensäure der Luft zersetzbar und deshalb in gut verschlossenen Gefässen aufzubewahren ist. Wasserglas wird durch Säuren unter Abscheidung von Kieselsäure in Form einer gallertartigen Masse aufgelöst, auch durch Salze zersetzt, weshalb als Lösungsmittel nur Regenwasser oder destillirtes Wasser benutzt werden darf. Selbst durch kaltes Wasser — wenn auch nur äusserst schwer — kann Wasserglas aufgelöst werden, und in kaltem Wasser ist es nur dann vollständig unlöslich, wenn es einen grossen Gehalt von Kieselsäure besitzt oder ihm ein Theil seines Kali-, beziehungsweise Natrongehaltes entzogen ist oder endlich, wenn es mit Erden, Metalloxyden u. s. w. vermischt oder mit ihnen in Berührung gebracht wird, weil diese mit der Kieselsäure eine unlösliche Verbindung eingehen. Wasserglas bildet auf allen Stoffen, mit denen es sich nicht chemisch verbindet, also auf Holz, Metall, Papier, Pappe, Leinwand u. s. w. einen firnissartigen, fest anhaftenden, nicht leicht abspringenden, wetterbeständigen, jedoch bei anhaltender Nässe weich werdenden Ueberzug, welcher den Stoff gegen Feuer, Fäulniss, Schwamm, Wurmfrass, Flechten- und Moosbildungen u. s. w. wirksam schützt. Weiche und leicht verwitterbare Steine, namentlich Kalksteine werden durch Behandlung mit Wasserglas härter und dauerhafter. Wasserglas bindet mit Erdfarben hergestellte Gemälde und verhindert die Zersetzung der Farben, auch liefert es eine (bleifreie) Glasur für Töpferwaren.

Verwendung. Für die meisten Zwecke wird das billige Natronwasserglas benutzt, nur in wenigen Fällen Kaliwasserglas oder Doppelwasserglas

und in der Stereochromie Fixirungswasserglas. Der Preis des Natronwasserglases verhält sich zu dem des Kaliwasserglases wie 4 : 9. Im Handel ist präparirtes Wasserglas, und meistens 33grädiges (aus 33 Theilen festem Wasserglas und 67 Theilen Wasser bestehendes), aber auch 40- und 66grädiges zu haben. Die Verwendung des Wasserglases ist eine sehr mannigfache, hauptsächlich dient dasselbe jedoch zu Anstrichen und Imprägnirungen.

Zu Anstrichen auf Holz wird meistens eine 33grädige Wasserglaslösung benutzt, welche beim ersten Anstrich mit der doppelten, bei allen folgenden Anstrichen jedoch mit der gleichen Gewichtsmenge Wasser (Regenwasser oder destillirtem Wasser) vermischt wird. Bei Verwendung von 40grädigem Wasserglas hat man zuerst die $2^1/_2$fache, dann die $1^1/_4$fache, bei Benutzung von 66grädigem zuerst die 4fache, alsdann die 2fache Wassermenge hinzuzusetzen. Jeder Anstrich wird kalt aufgetragen und muss vor dem folgenden mindestens einen Tag lang trocknen, auch ist zu beachten, dass ein Wasserglasanstrich auf einem frischen Oelfarbenanstrich nicht hält.

Um die Anstriche haltbar zu machen und sie namentlich gegen Abblättern zu schützen, setzt man dem Wasserglas Erdfarben oder Metalloxyde hinzu, die gleichzeitig einen farbigen Anstrich erzeugen.

Der Anstrich wird:

weiss: durch einen Zusatz von Schlämmkreide, Blei-, Zink- oder Permanentweiss,

grün: durch Chromoxyd, Kobaltgrün oder grünes Ultramarin,

gelb: durch Uran- oder Kadmiumoxyd oder chromsaures Baryt,

blau: durch Ultramarin oder Smalte,

roth: durch Eisenoxyd oder Chromroth,

schwarz: durch Kienruss, Graphit, Knochenkohle oder Iridiumschwarz.

Auch verwendet man häufig einen Zusatz von Thon, Glaspulver, gemahlenem Fluss- und Feldspath, pulverisirter Hochofenschlacke u. s. w. Oelfarben können jedoch nicht Verwendung finden.

Die Farben werden mit einer Mischung aus gleichen Theilen abgerahmter Milch und Wasser, häufig aber auch mit starkem Wasserglas abgerieben. Es wird meistens zuerst ein Anstrich mit verdünntem Wasserglas, dem etwa 10% Schlämmkreide zugesetzt ist, und nach dem Trocknen ein zweiter Anstrich mit Wasserglas gegeben, das einen grösseren Kreidegehalt besitzt. Nach dem Trocknen werden die Farben aufgetragen und diese endlich durch einen Wasserglasanstrich fixirt Wird nun weiter abwechselnd ein Farben- und ein Wasserglasanstrich gegeben, so kann man schliesslich der angestrichenen Holzfläche durch Schleifen und Poliren mit Leinöl einen hohen Glanz verleihen. Häufig werden auch die mit Wasserglas angestrichenen Holzflächen noch mit Fluorwasserstoffsäure getränkt.

Durch einen Wasserglasanstrich wird das Holz an der Oberfläche verglast und unentflammbar gemacht, so dass es im Feuer nur noch verkohlen kann, auch erhält es durch ihn einen wirksamen Schutz gegen Fäulniss, Schwamm und Wurmfrass, wenn es vor dem Anstrich trocken gewesen ist. Das spröde Wasserglas erhält jedoch Risse oder Sprünge, sobald das nicht getrocknete Holz bei eintretendem Witterungswechsel zu »arbeiten« anfängt.

Wände, die mit Kalk geweisst sind, werden durch einen Wasserglasanstrich mit oder ohne Farben dauerhafter und mit Seifenwasser ab-

waschbar, aufgeklebte Tapeten dunkler, glänzender und ebenfalls abwaschbar, Metalle, Glas und Porzellan gegen die Einflüsse der Luft und des Wassers geschützt. Kalksteine, Kreide, Dolomit, Knochenerde, Zinkoxyd u. s. w., in Wasserglas getaucht, werden dichter, fester, härter politurfähig und marmorartig, Kalkstein- und Sandsteinwände, Bildsäulen aus diesen Gesteinen u. s. w. gegen Moos- und Flechtenbildungen geschützt, gehärtet und wetterbeständiger.

Hierzu bemerkt H. Hauenschild in seiner Broschüre »Die Kessler'schen Fluate« (Berlin 1895, 2. Aufl.) etwa Folgendes:

Wasserglasanstriche bewirken das Eindringen von Kieselsäure in die Steinporen. Diese Kieselsäure ist das hauptsächlich erhärtende Element und ein wirklicher Stein. Bei der Behandlung der natürlichen Gesteine mit einer Wasserglaslösung dringen aber auch kohlensaure Alkalien, Kali und Natronsalze, ein, welche den Stein hygroskopisch machen, Ausblühungen erzeugen und alles angreifen, was damit in Berührung oder darüber als Ueberzug kommt (wie z. B. ein Anstrich). Wird bei dem Anstrich eine zu starke Wasserglaslösung angewendet, oder werden bei schwächerer Lösung zu viele Anstriche übereinander aufgetragen, so entsteht häufig ein sich leicht abblätternder Ueberzug. Es empfiehlt sich daher zu Wasserglasanstrichen zuerst eine 16grädige und bei den folgenden Anstrichen eine immer stärker concentrirte Lösung zu wählen.

Man hat die Beobachtung gemacht, dass mit Wasserglas getränkte Steine bei Frostwetter leicht abschülfern, und hört hier und da die Ansicht aussprechen, dass die Steine durch Wasserglasanstrich allmälig zerstört würden; Hauenschild hält diese Ansicht bis zu einem gewissen Grade für eine berechtigte.

Um das Publicum zu täuschen und den Glauben zu erwecken, dass es sich um andere Stoffe handelt, wird den Wasserglaspräparaten oft ein anderer, schön klingender Name beigelegt. Mittel wie Silexor, Petrosilex, Petrogen u. s. w. enthalten der Hauptsache nach Wasserglas.

Gyps kann mit Wasserglas nicht ohne weiteres imprägnirt werden, weil er sofort gerinnt und bei Verwendung von Natronwasserglas Glaubersalz,

Zum Anstrich auf Kalkmörtelputz und auf weiche, leicht verwitterbare Steine benutzt man meistens eine 33grädige Wasserglaslösung, die, mit gleichen Gewichtstheilen Regenwasser verdünnt, in der Regel dreimal aufgetragen wird. Farben werden mit derselben Lösung angerieben und gewöhnlich nur zweimal aufgetragen. Auf diesen Farbenanstrich kommt noch ein farbloser Wasserglasanstrich nur dann, wenn man der Fläche Glanz verleihen will.

Zur Erhärtung von Steinen nimmt man am besten eine Lösung von 1 Gewichtstheil 33grädigen Wasserglases mit 3 Theilen Wasser, die einen geringen Zusatz von fein gemahlenem und geschlämmtem Braunstein erhält, wenn man die Steine bräunlich färben will.

Auch zur Anfertigung künstlicher Steine kann Wasserglas mit Vortheil verwendet werden. Man erhält z. B. einen festen Stein, wenn man gewaschenen und erwärmten Sand mit einer ebenfalls erwärmten Wasserglaslösung zu einem dickflüssigen Teig, dem auch kleine Geschiebe beigemengt werden können, anrührt, denselben in mit Eisen bekleidete oder mit Oel bestrichene Formen schlägt, ihn in denselben so lange liegen lässt, bis die Masse consistent geworden ist, und endlich wie Ziegel an einem luftigen, gegen Sonne und Regen geschützten Ort trocknet.

Einen hydraulischen Mörtel giebt eine Mischung von 100 Theilen gebranntem und fettem Kalkpulver und 1 Theil trocknem Wasserglaspulver.

Eine weitere Verwendung findet das Wasserglas zur Herstellung von Kitten für Steine, Glas, Porzellan und Metallen. Bewährte Recepte hierfür sind folgende:

Steinkitt zum Ausbessern abgebrochener Stellen: Pulver vom Stein selbst mit Wasserglas zu einem dickflüssigen Brei angerührt. Zu demselben Zweck, aber auch zum Auskitten von Steinfugen: hydraulischer Kalk mit Wasserglas (erhärtet sehr schnell und darf deshalb nur in kleinen Mengen angemacht werden).

Eisenkitt: Manganoxyd und Wasserglas, dünn aufgetragen (verglast sich bei hoher Temperatur), auch ein Gemenge von Wasserglas mit fein gepulvertem Schmirgel oder Eisenoxyd kann, ohne Risse zu erhalten, eine grosse Hitze ertragen und wird nach einiger Zeit im Wasser ganz unlöslich.

Glas- und Porzellankitt: feines Wasserglaspulver mit 3—4 Theilen Thon vermengt (besonders Kitt für Glasretorten), Chinaclay mit einer Lösung von Aetznatron oder einer concentrirten Sodalösung, auch Aetzkali und Pottasche u. s. w. Der zu kittende Gegenstand wird bis auf 100° *C.* erwärmt, die erwärmte Wasserglaslösung auf beide Kittflächen aufgetragen, der Gegenstand fest mit Bindfaden umwickelt und bei mässiger Wärme bis zum vollständigen Austrocknen unberührt liegen gelassen.

Fluorcalciumkitt: 1 Theil Glaspulver, 2 Theile Flussspathpulver mit Wasserglas zu einem Brei angerührt; als Thon-, Glas-, Porzellan- und Steinkitt verwendbar.

Farbige Kitte: 33grädiges Natronwasserglas wird mit feiner Schlämmkreide und einem der folgenden Farbstoffe zu einem dickflüssigen Brei sorgfältig angerührt (nach dem von R. Böttger empfohlenen Verfahren):

weiss: nur Schlämmkreide und Wasserglas,
grau: Zinkstein (kann mit Achatstein nachher polirt werden),
grauschwarz: staubförmiges Gusseisen,

schwarz: fein gesiebtes Schwefelantimon,
hellgrün: kohlensaures Eisenoxydul,
dunkelgrün: Chromoxyd,
blau: Kobaltblau,
roth: Zinnober,
orange: Mennige,
violett: Karmin.

Derartige Kitte erhärten rasch und besitzen eine sehr grosse Festigkeit.

Fertige Anstrichmassen, die hauptsächlich aus Kieselerde bestehen, sich mit Farben und Oel vermischen lassen und eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Säuren und Hitze besitzen sollen, stellt die *Silicate Paint Compagnie* in Liverpool her, und zwar liefert dieselbe: Griffiths's Patent-Emailfarbe, Kieselsäure-Versteinerungs-Oelfarbe, Versteinerungsflüssigkeit (Kieselerdelösung), künstliche Steinfarben, die auch als Steinkitt verwendet werden können, und Silicat-Siccativ (Kieselerde-Trockenstoff).

Eine hervorragende Verwendung findet das Wasserglas in der *Stereochromie*. Wasserglas bildet für Farben nicht nur einen guten, festen und dauerhaften Untergrund, sondern es bindet auch die Farben gut und macht sie wetterbeständig. Das Verfahren hierbei ist im Allgemeinen Folgendes: Auf die Steinfläche wird zuerst ein gewöhnlicher, nicht zu fetter Kalkmörtelputz aufgebracht, der, wenn er gut getrocknet ist, wiederholt mit einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak und hierauf mit einer aus gleichen Theilen Wasserglas und Wasser bestehenden *Kali*wasserglaslösung mehrmals getränkt wird (*Natron*wasserglas kann nicht verwendet werden, weil es zu starke Auswitterungen erzeugt). Auf diesen Untergrund wird aus magerem Kalk, möglichst scharfkantigem Sande und Regenwasser oder destillirtem Wasser ein zweiter dünner Putz aufgebracht, mit scharfem Sandsteine zur Erzeugung einer möglichst gleichmässigen Rauhigkeit der Fläche und Beseitigung der das Einziehen des Wasserglases aufhaltenden, sich beim Austrocknen bildenden dünnen Lage kohlensauren Kalkes abgerieben oder mit einer Lage phosphorsauren Kalkes durch Aufstreichen von 1 Theil Phosphorsäure und 6 Theilen Wasser überzogen und nach dem Trocknen gleichfalls mit *Doppelwasser*-

Die Stereochromie wurde z. B. von Kaulbach zu vier grossen Wandgemälden im Treppenhause des neuen Museums zu Berlin angewendet, auch zu Gemälden im Kaiserhofe des Residenzschlosses zu München.

Endlich ist noch die Verwendung des Wasserglases zur Herstellung künstlichen Meerschaumes zu erwähnen, zum Waschen (1 Theil Wasserglas auf 100 Theile Wasser), zur Appretur von Zeugen und zur Conservirung von Eiern.

Zweites Capitel.

Harze, Theere, Farben, Firnisse und Lacke.

§ 251. Die Harze.

Eigenschaften. Die Harze sind vegetabilische Stoffe, die aus gewissen Pflanzen ausschwitzen oder durch Einschnitte in die Rinde derselben oder durch Auskochen des zerkleinerten Holzes oder durch Ausziehen mittelst Alkohol gewonnen oder in versteinertem Zustande in der Erde oder am Meeresufer und im Meeresgrunde gefunden werden (fossile Harze). Die Harze kommen hauptsächlich in Nadelhölzern und Balsambäumen vor, und zwar in sogenannten Harzgängen oder Harzlücken; sie enthalten meistens Farbstoffe, ätherische Oele, Gummi und Pflanzenschleim, sind im rohen Zustande stets unkrystallinisch und besitzen einen glasig-muscheligen Bruch und ein geringes specifisches Gewicht. Sie sind geruchlos oder durch ätherische Oele wohlriechend (Balsame), in Alkohol, Aether, ätherischen Oelen, Chloroform, Fetten, flüssigen Kohlenwasserstoffen in verschiedenem Grade löslich, in Wasser ganz unlöslich und mehr oder weniger leicht schmelzbar. Bei höherer Temperatur werden sie unter Entwickelung verschiedener brennbarer Gase zersetzt; sie verbrennen mit stark leuchtender Flamme, sind indifferent oder sauer (Harzsäuren) und bilden alsdann mit wässerigen Alkalilaugen Harzseifen (Resinate), die in der Technik verschiedentlich (z. B. zum Leimen des Papiers) benutzt werden. Die Harze sind Nichtleiter der Elektricität und werden durch Reiben negativ elektrisch.

Verschiedenes. Das Harz findet sich in unseren Nadelhölzern meistens in ätherischem Terpentinöl gelöst und ist deshalb dickflüssig; es erhärtet an der Luft allmälig, indem das Oel verdunstet. Das Harz wird durch langes Kochen mit Wasser entölt und durch Behandlung mit Alkohol von Gummi und Pflanzenschleim befreit.

Hauptverwendung: zur Bereitung von Firnissen und Lacken, indem man die Harze in Terpentinöl, Weingeist, Aceton, Petrolbenzin u. s. w. löst.

Eintheilung. Man unterscheidet folgende Arten:

1. **Halbharze**, welche in Alkohol oder in der Siedehitze nicht löslich sind, wohl aber in Aetzkali und Aetznatron. Sie haben für die Technik keine Bedeutung.

2. **Hartharze** (eigentliche Harze), die entweder gar kein oder nur sehr wenig ätherisches Oel enthalten, fest und spröde, geruch- und geschmacklos sind und nach dem Trocknen pulverisirt werden können. Zu den technisch wichtigsten Hartharzen gehören:

a) Das Fichtenharz (Pinusharz, Galipot, Scharrharz, Burgunderharz u. s. w.), das durch Verwundung (Anreissen) verschiedener Nadelhölzer (z. B. der Fichte, Schwarzkiefer, Strandschiefer) gewonnen und zur Herstellung von Firnissen, Seifen, Siegellack u. s. w. verwendet wird. Aus ihm erhält man durch längeres Schmelzen das gemeine Pech und, wenn man beim Schmelzen Wasser einrührt und die geschmolzene Masse durchseiht, ein sehr poröses, gelblich-weisses, und bei Anwendung einer höheren Temperatur gelbes Pech (Wasserpech, Flaschenpech, Burgunderpech, letzteres besonders rein). Bei trockener Destillation des Fichtenharzes gewinnt man das Harzöl, das zur Bereitung von Schmiermitteln (Wagenfetten), Druckerschwärze, Firnissen u. s. w. dient. Die alkalische, durch Alaun gefällte Lösung liefert den in der Papierfabrikation zur Verwendung gelangenden Harzleim.

b) Das Kolophonium (siehe Terpentin).

c) Der Lack (Gummilack) aus einem Gemisch von wachshaltigem Harz aus verschiedenen, in Ostindien, Siam, Anam und auf den Molukken wachsenden Bäumen (z. B. Croton, Butea, Ficus) und einem röthlichen Farbstoff, welcher dem Weibchen der Lackschildlaus entstammt. Diese Thierchen setzen sich an die Astspitzen und jüngeren Zweige, stechen in diese hinein, und werden mit ihrer Brut von dem hervorquillenden Harze umhüllt, worauf sie zu einer mit rother Flüssigkeit erfüllten Blase anschwellen und absterben. Die in jedem Weibchen sich entwickelnden Larven treten nach etwa Jahresfrist aus den Harzmassen durch selbstgemachte Oeffnungen aus. Die Zweige der so heimgesuchten Bäume entblättern sich und sterben ab. Auf diese Weise entsteht der Stocklack, so genannt, weil das von den Bäumen abgelöste Harz in seinem Inneren noch Zweigtheile enthält; er besteht aus 70% Harz, 10% rothem Farbstoff und 20% wachsartigen Bestandtheilen. Wird das Harz von den Zweigen abgeklopft und von allen Holztheilen befreit, so erhält man den Körnerlack (Saatlack), der in kleinen, erbsengrossen, röthlichbraunen Körnern in den Handel kommt. Wird dieser Körnerlack durch Kochen mit schwacher Sodalösung von dem rothen Farbstoffe (Lakdye genannt) befreit und die gelblichbraune Masse geschmolzen, durchgeseiht und in Formen gegossen oder durch Pressen zwischen Marmor-

reitung einer unzerstörbaren Tinte, indem man den Schellack in Borax auflöst und mit Russ versetzt. Schellack in Borax aufgelöst dient auch zum Wasserdichtmachen von Filzhüten.

Als Nebenproduct bei der Schellackgewinnung erhält man durch Auslaugen mit Soda und Fällen mit Alaun einen schönen rothen Farbstoff, Lacdye genannt.

Schellack wird häufig mit billigeren Harzen, namentlich mit Kolophonium verfälscht. Um seine Güte prüfen zu können, werden 10 Theile Schellack mit 5 Theilen Borax in 100 Theilen Wasser gekocht und die auf dem Boden sich absetzenden Unreinigkeiten getrocknet und nach Procenten berechnet; beträgt dieser Rückstand mehr als 2%, so ist der Schellack schlecht, zeigt die Flüssigkeit nach dem Abkochen eine milchige Trübung und scheidet sie Flocken aus, so liegt eine Verfälschung des Schellackes mit anderen Harzen vor.

Durch Zusammenschmelzen des Körnerlackes und Formen der noch plastischen Masse mit den Händen u. s. w. zu kleineren, dickeren, knopfartigen Stücken entsteht der Knopflack (Klumpenlack).

d) Das Guajakharz (Guajakgummi), vom Guajak- oder Franzosenbaum Ostindiens u. s. w. durch Auskochen oder Ausschwelen des Holzes gewonnen, dunkelbraun bis graugrün, mit Holz- und Rindenstücken mehr oder weniger verunreinigt, sehr leicht schmelzbar (schon bei 85° *C.*), schwerer wie Wasser (specifisches Gewicht = 1·205—1·230), in Alkohol, Aether und Chloroform ganz, in Schwefelkohlenstoff und Benzol theilweise, in Terpentinöl nicht löslich. Es besteht hauptsächlich (zu 70%) aus Guajakonsäure. Eine Lösung von Harz und Alkohol wird durch oxydirende Stoffe (Ozon, Salpetersäure, Chromsäure, Brom, Jod, Chlor u. s. w.) blau oder grün gefärbt und zur Herstellung scharfer Abdrücke in der Lithographie benutzt, indem man die zu vervielfältigende Zeichnung Joddämpfen aussetzt und dann auf ein mit einer Lösung von 1 Theil Guajakharz und 30 Theilen Alkohol angestrichenes Papier drückt. Man verwendet das Harz auch vereinzelt zur Bereitung von Lacken.

e) Der Mastix (Gummi-Mastix), ein feines, erwärmt wohlriechendes, blassgelbes Harz, das aus der eingeschnittenen Rinde des Mastixbaumes (der Mastixpistazie) ausfliesst und von der griechischen Insel Chios in den Handel kommt. Das Harz ist durchscheinend, bei 99° *C.* schmelzbar, durch Kauen knetbar und in Alkohol theilweise löslich; es kommt in erbsengrossen Stücken vor und wird zu Kitten, Räucherungen, im Orient auch als Kaumittel verwendet. — Eine geringwerthigere Sorte, Bombaymastix genannt, von in Afghanistan und Belutschistan einheimischen Pistazienarten gewonnen, bildet gelbe bis röthlichbraune Körner oder Thränen. Mit dem Mastix ist nicht zu verwechseln der Asphaltmastix (siehe § 237).

f) Der Kopal, ein hartes, bernsteinartiges, gelbes bis bräunlichrothes, geruch- und geschmackloses Harz noch jetzt vorhandener oder bereits ausgestorbener Bäume Afrikas und Südamerikas. Kopal ist der wichtigste Stoff für Firnisse und Lacke; er ist in kaltem Alkohol unlöslich, in Aether, Terpentin-, Rosmarin- und Kajeputöl dagegen leicht löslich und schmilzt erst bei einer Temperatur von 180—340° *C.* Man unterscheidet im Handel harte und weiche Kopale. Die härtesten gelten als die besten, ihrer grösseren technischen Verwendbarkeit wegen. Stark erhitzt entwickelt der Kopal aromatisch riechende Dämpfe, welche verdichtet das Kopalöl

bilden, das als ein gutes Lösungsmittel für viele Kopalsorten verwendet wird. Ein wichtiges Erkennungszeichen bildet die Beschaffenheit der Oberfläche, die warzig, rissig oder glatt sein und einen erdigen oder kreidigen Ueberzug besitzen kann. Man unterscheidet folgende Sorten:

1. Den ostafrikanischen (Sansibar- oder Mosambik-) Kopal, welcher zwischen dem 5. und 15. Grade südlicher Breite in der Erde in flachen, eckigen Stücken oder in Körnern bis zu 20 *cm* Durchmesser gefunden wird und mit einer rauhen, staubigen Kruste bedeckt ist. Seine Farbe ist hellgelb bis röthlichbraun. Er ist der härteste von allen Kopalen, durchsichtig und mit Bernstein leicht zu verwechseln. Er schmilzt bei 100° *C.* ohne Dämpfe zu entwickeln, und lässt sich in flüssigem Zustande mit Oelen vermischen. Vor dem Schmelzen ist er mit einem Messer von seiner Kruste zu befreien und zeigt dann eine gänsehautartige Oberfläche.

2. Den westafrikanischen Kopal, welcher von der Westküste Afrikas in den Handel kommt und dort aus etwa 3 *m* Tiefe aus Mergel herausgegraben wird. Er bildet entweder kleine, kieselsteinartige Stücke (Kieselkopal von Sierra Leone) oder grosse, oft 1—2 *kg* schwere, kugel- oder knollenförmige Klumpen (Angolakopal), die eine verschiedene Farbe besitzen, nach welcher sie benannt werden. Zu ihm gehört auch der Benguelakopal.

3. Den Kaurikopal (Kauriharz, Cowdee) von der Dammarfichte (Yellowpine) Australiens und Neuseelands. Zur Ausfuhr gelangt nicht das frisch ausgeflossene, sondern das versteinerte (fossile), in der Erde liegende, harte Harz, das in Klumpen bis zu 50 *kg* Gewicht ausgegraben wird, wohlriechend und wohlschmeckend ist und eine verschiedene Farbe besitzt. Das aus den Bäumen fliessende, weiche Harz wird von den Eingeborenen als Kaumittel benutzt.

4. Den Manilakopal (Sandaron, Pegnie, Pandum) vom ostindischen Kopalbaum (Vateria) und aus Batavia und von den Philippinen zu uns kommend, schmutziggelb und trüb, citronenähnlich riechend und bitter schmeckend. (Vergl. Kopalgummi).

5. Den südamerikanischen Kopal (Hymenäa-Kopal); er ist der weichste von allen Kopalen und verschieden gefärbt. Er kommt hauptsächlich

ist in kaltem Alkohol und in ätherischen Oelen theilweise löslich, kommt in Fässern oder Ballen von verschiedener Grösse oder in Blechkanistern von 17—18 *kg* Inhalt in den Handel und wird hauptsächlich zu Firnissen und Lacken verwendet, um sie geschmeidiger zu machen. Das Elemiharz wird oft mit Fichtenharz verfälscht.

h) Das Sandarakharz, aus der Rinde der gegliederten Cypresse Nordafrikas (*Callitris quadrivalvis* oder *articulata*) durch Einschnitte gewonnen und von Algier zu uns kommend. Es bildet längliche, blassgelbe bis bräunliche, aussen weiss bestaubte, balsamisch riechende, durchsichtige Stücke, ist in Alkohol, Aether und Terpentinöl leicht löslich und dient zur Bereitung von hellen Weingeistfirnissen, Lacken, Polituren und als Radirpulver, um radirte Stellen des Papiers wieder beschreibbar zu machen, sowie als Räuchermittel. Der deutsche Sandarak (Wachholderharz), das Harz des gemeinen Wachholders, wird vorzugsweise als Räuchermittel verwendet.

i) Das Akaroïdharz (Erdschellack), ein rothes (Nussharz) oder gelbes Harz von einigen Xantorrhäa-Arten Australiens. Ersteres findet zu Lacken und Firnissen (besonders zum Ueberziehen von Metallen) und in der Papier- und Siegellackfabrikation, letzteres auch zur Darstellung von Pikrinsäure (durch Behandlung mit Salpetersäure) Verwendung. Ein mit rothem Harz gefärbter Weingeistfirniss verbleicht nicht am Lichte.

k) Das Drachenblut, ein dunkelbraunes oder braunrothes Harz von den Früchten des Drachenblut- oder Yukkabaumes der malaischen Inseln und mehrerer Rotangpalmen Südasiens, das entweder freiwillig zwischen den Schuppen der Früchte ausfliesst oder durch Einwirkung heisser Wasserdämpfe zum Ausfluss gebracht wird. Ersteres wird als Drachenblut in Thränen in den Handel gebracht und gilt als beste Sorte. Durch Erhitzen der reifen Früchte über offenem Feuer quillt eine dickflüssige Harzmasse aus, welche in Stangen geformt und in Schilfblätter gewickelt als Stangen-Drachenblut verkauft wird. Drachenblut ist in Alkohol, Aether, ätherischen Oelen, Alkalien u. s. w. mit schöner rother Farbe löslich und diese Lösung dient zum Färben und Poliren von Holz und Marmor, ferner zur Lack- und Firnissbereitung und als leuchtend rothe Malerfarbe.

Noch zu erwähnen ist:

l) Das Benzoëharz vom Styrax Benzoin Sumatras, Javas und Siams. Dasselbe kommt entweder in hellen oder röthlichen Körnern oder Thränen (*Benzoë in granis*) oder in grossen Stücken (*Benzoë in massis*) zur Ausfuhr und riecht vanilleartig. Beste Sorte: Mandelbenzoë von Siam und Sumatra; zimmtartig riechend und Zimmtsäure enthaltend. Aus Benzoëharz gewinnt man die in der Medicin, in der Anilinfarbenfabrikation und zu Tabakssaucen vielfach verwendete Benzoësäure. Benzoëharz dient auch zu Räucherungen.

m) Das Jalappenharz; Abführmittel.

n) Das Podophyllin; Abführ- und hautreizendes Mittel.

3. **Weichharze, Balsame**, welche viel ätherisches Oel enthalten und deshalb flüssig oder dickflüssig erscheinen und balsamisch riechen. Zu den wichtigsten Balsamen rechnet man:

a) den Terpentin, welcher aus verschiedenen Nadelhölzern meistens durch Einschnitte gewonnen und zur Bereitung von Firnissen, Terpentinöl,

Kolophonium u. s. w. verwendet wird. Terpentin fliesst auch aus einigen Bäumen freiwillig aus, so z. B. aus der Edeltanne, durch Platzen der Rinde oder einer Harzbeule. Man unterscheidet:

Deutschen oder gemeinen Terpentin (von der Schwarzföhre oder Rothkiefer), gelblich, klebrig, dickflüssig, zähe und etwas körnig;

Strassburger (von der Edeltanne), sehr fein und sehr geschätzt;

französischen (von der Strandkiefer); beste Sorte: Bordeauxterpentin; flüssig; mit gebrannter Magnesia zusammengerieben erhärtend;

venetianischen (vom Lärchenbaum), klar oder nur wenig trübe, dickflüssig, gelblich, angenehm aromatisch riechend;

ungarischen (von der Leggföhre);

cyprischen (von der Terpentinpistazie); eine der theuersten und feinsten Sorten;

amerikanischen (von der amerikanischen Sumpfkiefer, der Weihrauchs- oder Weymouthskiefer);

karpathischen (von der Zirbelkiefer);

canadischen Terpentin (Canadabalsam).

Letzterer stellt die edelste aller Terpentinsorten dar; er ist schwachgelblich gefärbt, klar, nach Muskatöl riechend und wird, mit gebrannter Magnesia zusammengerieben, sehr fest, so dass man ihn als Kittmittel (z. B. zum Befestigen achromatischer Linsen) verwenden kann. Man gewinnt ihn in Nordamerika aus einer Fichte.

Die Ausbeute an Terpentinöl ist sehr verschieden; sie beträgt beim deutschen Terpentin 32%, beim französischen 25%, beim amerikanischen 17%, beim venetianischen 18—25% und beim canadischen 20%. Man erhält Terpentinöl, wenn man Terpentin mit Wasser destillirt; hierbei bleibt eine etwas öl- und wasserhaltige, harzartige Masse (gekochter Terpentin) zurück, die, von dem Oel und Wasser gänzlich befreit, das glasglänzende, klare, durchsichtige, fast geruch- und geschmacklose, spröde, leicht schmelzbare Kolophonium (Geigenharz) liefert, das zum Leimen von Papier, zur Herstellung von Siegellack, Harzseifen, Firnissen, Kitten und, mit anderen Harzen vermischt, zum Bestreichen der Geigenbogen dient.

Das Terpentinöl (Terpentinspiritus) stellt, wenn es mit Dampf und unter Zusatz von etwas Aetzkalk oder auf anderem Wege gereinigt worden ist, ein farbloses, dünnflüssiges, stark balsamisch riechendes Oel von brennendem Geschmack dar, welches ein specifisches Gewicht von 0·85—0·89 besitzt, bei 152—160° *C.* siedet, bei 15° *C.* in Wasser fast unlöslich, in 8—10 Theilen wässerigem Alkohol wenig und in concentrirter Essigsäure leicht löslich ist. Das Terpentinöl kann mit absolutem Alkohol, Aether und fetten Säuren in jedem beliebigen Verhältnisse gemischt werden, vermag viele Stoffe, die im Alkohol und im Wasser nicht aufgelöst werden können, aufzulösen, so namentlich Harze, Schwefel und Phosphor, und verharzt allmälig an der Luft. Man verwendet es zur Bereitung von Oelfarben, zum Auflösen von Harzen in der Lack- und Firnissfabrikation, als Leuchtstoff, indem man es für sich allein oder mit Alkohol vermischt in Lampen mit starkem Luftzuge brennt, sodann als Arzneimittel u. s. w.

Das künstliche Terpentinöl wird aus Petroleum durch Destillation desselben gewonnen, ist leichter wie das natürliche (specifisches Gewicht 0·73—0·75) und siedet bei 120—170° *C.*

b) Der Kopaivabalsam von Peru, Mexiko, Brasilien und den Antillen, welcher zur Bereitung von Lackfirnissen und Oelpapier benutzt und häufig mit Terpentin und Oel verfälscht wird. Am meisten geschätzt ist der brasilianische; er ist blassgelb und durchsichtig. Der Antillenbalsam ist zäher und dunkler.

c) Der Perubalsam (indische oder peruvianische Balsam). Man unterscheidet den terpentinartigen, aus den Früchten der ***Muroxylon sansonatense*** durch Auspressen gewonnenen, weissen und trockenen, sowie den dickflüssigen, dunkelbraunrothen, vanilleartig riechenden, bitter schmeckenden, aus dem Stamme des genannten Baumes durch einen eigenthümlichen Schwelungsprocess erhaltenen und an der Luft nicht eintrocknenden sogenannten schwarzen Balsam. Der weisse Balsam kommt im europäischen Handel nicht mehr vor; der schwarze wird zu medicinischen Zwecken, als Parfümeriemittel und als Ersatz der Vanille verwendet. Für die Technik ist der Perubalsam ohne Bedeutung.

d) Der Mekkabalsam (Opobalsam) aus der Rinde des Balsamholzes gewonnen; arabisches Räuchermittel.

e) Der Tolubalsam, rothbraun, durchscheinend, halbweich, dickflüssig, in der Handwärme schon erweichend und dann knetbar, sehr angenehm riechend und daher als Parfümeriemittel verwendbar.

f) Der Storax, durch Auspressen oder Auskochen der Rinde des Storaxbaumes Kleinasiens und Syriens gewonnen, in frischem Zustande gelbroth, allmälig aber an der Luft braun werdend und dickflüssig wie Terpentin. Er wird in der Parfümerie und zur Bereitung von Räucheressenzen u. dgl. verwendet. (Die bekannten Räucherkerzchen bestehen aus Kohlenpulver, Tragantschleim, Benzoë, Storax und Ladanum [Cistusharz]; die rothen enthalten statt Kohlenpulver geraspeltes Sandelholz).

Von den künstlichen Balsamen sind zu erwähnen: Der Opodeldok, eine weingeistige, freies Ammoniak enthaltende, als Heilmittel Verwendung findende Seifenlösung, — der Hoffmann'sche Lebensbalsam, eine Lösung verschiedener ätherischer Oele in Alkohol, — der Wundbalsam, eine Mischung von Myrrhe, Thymianöl, Alkohol, Weinessig u. s. w., — der Schwefelbalsam, eine Lösung von Schwefel in fettem Oel, u. s. w.

4. Gummi- oder Schleimharze, die ein Gemenge von Gummi und Harz, ätherischem und fettem Oel darstellen, welches sich in eigenen Röhren oder in den Zwischenräumen der Zellen verschiedener Pflanzen als Milchsaft vorfindet, freiwillig oder nach Verwundung der Pflanzen ausfliesst und an der Luft allmälig erhärtet. Diese Harze sind weder in Wasser noch in Alkohol vollkommen löslich.

Als die technisch wichtigsten sind zu nennen:

a) Das Akajougummi vom echten Mahagonibaum Südamerikas und Ostindiens. Es hat Aehnlichkeit mit Bernstein und dient als Klebemittel.

b) Das Gummi arabicum aus den, in der heissen Jahreszeit entstehenden Rissen einer in Arabien und Oberegypten, Nubien u. s. w. heimischen Akazie freiwillig ausfliessend. Im Handel unterscheidet man das eigentliche Gummi arabicum (levantinisches, egyptisches Gummi) und das Senegalgummi. Ersteres kommt nur in geringeren Mengen aus Arabien (Aden), hauptsächlich aus Egypten, Nubien, Sudan, Tunis und Marokko. Als bestes gilt das aus Kordofan und Senaar. Das arabische

Gummi ist in Wasser leicht, in Alkohol jedoch nicht löslich, geruch- und geschmacklos, kommt in weissgelblichen, bräunlichen oder röthlichen, festen, ungleich grossen, rundlichen oder eckigen und rissigen Stücken in den Handel, welche durchsichtig, spröde und leicht pulverisirbar sind, und ist ein sehr geschätztes Klebemittel für Papier u. s. w., sowie ein Verdickungsmittel beim Zeugdruck, ein Färbemittel für Seide und Wolle, auch dient es zu Medicamenten und in der Tintenfabrikation. Je weisser und klarer die Stücke sind, desto besser ist die Qualität des Gummi. Das Suakimgummi ist gelb, mit dunkelrothbraunen Körnern untermischt, das Senegalgummi kugelig und in grösseren Stücken vorkommend, das australische oder neuholländische (Wattle gum) rothbraun und aus halbkugeligen, durchscheinenden Stücken bestehend mit einer flachen Seite, mit welcher die Stücke an den Rinden der *Acacia pycnantha* haften.

c) Das Kopalgummi (ostindischer Kopal, Gummi-Anime) vom Kopalbaum Ostindiens, bernsteinartig, in grossen kugelförmigen, rauhen, durchscheinenden, weissen, gelben oder bräunlichrothen Stücken zur Ausfuhr gelangend und meistens erdige und pflanzliche Stoffe enthaltend. Kopalgummi wird in frischem Zustande in südlichen Ländern zu Firnissen benutzt.

d) Das Gummigutti (Gummigutt), der eingedickte, gelbe Milchsaft des Guttabaumes Siams, Ceylons, Borneos u. s. w. Es wird in grünlichgelben, mattglänzenden Stücken und Röhren versandt und liefert, in Wasser oder Weingeist aufgelöst, eine schöne, gelbe, nur wenig ins Grünliche stechende, aber giftige Malerfarbe und ein aus Harz und Gummi bestehendes, lebhaft gelbes Pulver (vergl. auch § 255, 7). In ätzenden Alkalien löst sich Gummigutti mit rother Farbe.

e) Der Traganth von mehreren, in Persien, Kleinasien und Griechenland heimischen Ostragalusarten aus der Familie der Paxilionaceen. Er besteht aus wurm- und fadenförmigen, ineinander gewundenen, gelblichweissen, viel Pflanzenschleim (Bassorin) enthaltenden Stücken, die im Wasser zu einer schleimartigen Masse aufquillen. Man benutzt den Traganth zur Appretur von Seidenstoffen, zum Bedrucken von Kattun u. s. w. Im Handel unterscheidet man Smyrnaer (Blättertraganth, die beste Sorte) und Morea-

theils gebaggert (gefischt), theils am Strande aufgelesen oder gegraben (bergmännisch gewonnen). Jährliche Production in Preussen etwa 100.000 *kg*.

Sehr geschätzt ist der auf Sicilien (bei Latania am Simeto) aus der Erde gegrabene Bernstein.

Das grösste bisher gefundene Stück wiegt 6750 *g* und hat einen Werth von etwa 30.000 Mark; es befindet sich im königlichen Mineraliencabinet zu Berlin. Bernstein dient zur Bereitung von Lacken und Firnissen (vergl. § 266), von Bernsteinsäure (durch Destillation des Bernsteins und längeres Kochen mit Salpetersäure) und Bernsteinöl; es wird zu Räucherungen verwendet und zu Schmucksachen (Broschen, Perlen, Cigarren- und Pfeifenspitzen u. s. w.) verarbeitet.

Künstlicher Bernstein besteht aus Glas, Kopal und Bernsteinabfällen mit irgend einem Bindemittel; derselbe zeigt meistens ein grösseres specifisches Gewicht als der echte und unverfälschte und ist an demselben häufig allein nur zu erkennen.

§ 252. Die Theere.

Allgemeines. Theer entsteht bei der trockenen Destillation verschiedener organischer Körper bei Luftabschluss; z. B. bei der Destillation von Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Knochen und bituminösem Schiefer. Er bildet meistens eine braune oder schwarze, mehr oder weniger dickflüssige, ölartige Masse von eigenthümlich durchdringendem Geruch, welche fäulnisswidrig, leicht entzündbar und etwas schwerer wie Wasser ist.

Eintheilung. Man unterscheidet:

A. **Holztheer,** welcher entweder als Nebenproduct bei der Meilerverkohlung oder durch die Theerschwelerei (Meiler-, Grubentheer- und Ofenschwelerei) neben Holzessig oder durch eine trockene Destillation von Holz in eisernen oder thönernen, von aussen mittelst der sich hierbei bildenden brennbaren Gase erhitzten Retorten neben Theerölen u. s. w. gewonnen wird. Diese letztere Gewinnungsmethode ist die bei weitem beste. Die flüchtigen verdichtbaren Producte werden durch eiserne, mit Wasser abgekühlte Röhren in die Condensationsapparate geleitet. In ihnen sammelt sich zunächst der rohe Holzessig, eine fast klare und aus einer Lösung von Essigsäure, Holzgeist, Harz, essigsaurem Ammoniak u. s. w. bestehende Flüssigkeit an, und dann folgt erst der Theer, welchen man von dem wässerigen Theile abhebt und zur Gewinnung von Kienöl, Pechöl und Schusterpech weiter vorsichtig destillirt, wobei sich leichte Theeröle (Holzöle), die etwas Benzin enthalten, und schwerere, aus denen Russ bereitet wird, bilden. Das später übergehende Kreosot wird besonders aufgefangen. Das letzte sich ausscheidende Destillationsproduct ist das Paraffin, der Rückstand das Pech. Durch Behandlung mit Alkalihydrat werden dem Holztheer die aromatischen Alkoholbestandtheile entzogen und aus dieser Lösung das echte Kreosot gewonnen, das aus Kresol und Guajacol besteht.

Die Theerausbeute ist bei Nadelhölzern grösser als bei Laubhölzern; sie beträgt bei ersteren 10—14%, bei letzteren 8—10%. Hervorzuheben ist der Birkentheer, welcher in Russland durch trockene Destillation der Birkenrinde gewonnen wird und, nochmals destillirt, das zur Fabrikation des

berühmten Juchtenleders dienende Birkentheeröl liefert. Wird harzreiches Holz destillirt, so erhält man einen terpentinölhaltigen Theer, welcher auf Wasser schwimmt, während der aus Buchen- und Eichenholz gewonnene im Wasser untersinkt.

Der Holztheer stellt eine braune bis schwarze, übelriechende, scharf und bitter schmeckende, mit leuchtender und russender Flamme verbrennende, sich in Alkohol, Aether, ätherischen Oelen u. s. w. auflösende, ölige Masse dar, welche an Wasser Essigsäure und brenzliche Stoffe (Theerwasser) abgiebt. Man benutzt ihn, weil er seines Kreosotgehaltes wegen fäulnisswidrig wirkt, zu Anstrichen auf Holz zum Schutze gegen Fäulniss und Wurmfrass und auf Eisen zum Schutze gegen Rost (siehe am Schluss dieses Paragraphen), ferner zum Kalfatern der Schiffe, zum Theeren von Tauen, zu wasserdichten Anstrichen für Mauern, zur Bereitung von Brunnenmacherkitt (aus 1 Gewichtstheil Theer und 3 Gewichtstheilen Ziegelmehl), zum Schmieren von Wagenrädern, zu Arzneimitteln u. s. w. Holztheer enthält viele Stoffe; als die wichtigsten sind zu nennen: Benzol, Kresol, Naphtalin und Paraffin.

B. **Steinkohlentheer,** welcher bei der trockenen Destillation der Steinkohle zur Erzeugung von Leuchtgas und Coaks als Nebenproduct in reichlicher Menge gewonnen und zum grössten Theile nochmals destillirt wird, um Stoffe zu erhalten, aus denen künstliche Farbstoffe, Desinfectionsmittel, Heilmittel u. s. w. hergestellt werden können. Der Steinkohlentheer bildet eine Mischung von flüssigen Kohlenwasserstoffen (z. B. Benzol und Toluol), von festen Kohlenwasserstoffen (Naphtalin, Anthracen), von Carbolsäure, organischen Basen (z. B. Anilin und Pyridin), Asphalt und Naphta. Der auf den Berliner Gasanstalten gewonnene Steinkohlentheer enthält z. B. Toluol und Benzol 0·80, sonstige wasserhelle Oele 0·60, crystallisirte Carbolsäure 0·20, Kresol u. s. w. 0·30, Naphtalin 3·70, schwere Oele 24·00, Anthracen 0·20, Steinkohlenpech 55·00, Wasser und Verlust 15·2%. Erfolgt die Gewinnung bei sehr hohen Temperaturen, so enthält der Steinkohlentheer im Durchschnitt 1·5% Benzol, 35% Naphta, 22% Naphtalinöl, 1% Anthracen, 9% Phenol, 31·5% Pech. Menge und Beschaffenheit des Steinkohlentheers hängen jedoch auch von der Beschaffenheit der zu seiner Bereitung dienenden Kohle ab.

Nur ein geringer Theil des rohen Steinkohlentheers findet zu Anstrichen auf Holz, Eisen und Mauerwerk, zum Imprägniren von Holz und Pappe (siehe § 269) u. s. w. Verwendung, der grösste Theil wird nochmals in grossen eisernen Kesseln destillirt, wobei zunächst übelriechende Gase entweichen (Vorlauf bis 105° *C.*), dann leichte Theeröle übergehen (bis 170°), bei weiterer Temperaturerhöhung (bis 230°) Mittelöl (Carbolöl), dann Schweröl (bis 270°) und endlich Anthracenöl (über 270°) und Pech gewonnen werden. Die leichten Theeröle bestehen neben anderen Stoffen aus Benzol, Toluol und Xylol und dienen zur Bereitung des Benzols, welches statt des Terpentinöls zur Auflösung von Harzen, Fetten, Kautschuk, Guttapercha, sowie als Schmiermittel und Fleckwasser benutzt und, mit Salpetersäure in Nitrobenzol verwandelt, zur Gewinnung von Anilin verwendet wird. Letzteres dient zur Darstellung von Theer- oder Anilinfarben (siehe § 257). Aus den rohen leichten Theerölen wird auch Naphtalin bereitet, welches ebenfalls zur Bereitung von Farben (den

sogenannten Naphtalinfarben) Verwendung findet. Aus den schweren, aus Phenol, Kresol, Naphtalin, Pyridin u. s. w. bestehenden Theerölen gewinnt man das Phenol oder das Steinkohlenkreosot, das ein Gemenge von Carbol- oder Phenylsäure und Kresolen darstellt und zur Herstellung von Phenyl- (Carbol-) Säure und Pikrinsäure, von Farbstoffen, sowie zum Conserviren von Holz und anatomischen Präparaten benutzt wird. Das sich bei der Destillation zuletzt bildende Anthracen- oder Grünöl, welches im Wesentlichen aus Phenanthren, Fluoranthren, Anthracen, Pyren und Chrysen zusammengesetzt ist, wird zur Darstellung von Alizarin benutzt. Der in den Kesseln bleibende Rückstand liefert Schwarzpech, das als künstlicher Asphalt (siehe § 237) und zur Herstellung von Steinkohlenbriquetts (d. h. von Ziegeln aus Coaks oder Steinkohlenklein und Pech) Verwendung findet.

Der Steinkohlentheer bildet eine schwarze, durchdringend riechende Masse, die wegen ihres Carbolsäuregehaltes in hohem Grade fäulnisswidrig ist. Man verwendet den Steinkohlentheer ausser zu den bereits oben genannten Zwecken auch noch zur Conservirung älterer Bauten, indem man ihren Putz entfernt, die Fugen tief auskratzt, das Mauerwerk erhitzt, mit möglichst heissem Steinkohlentheer tränkt und nach dem Erkalten dieses Ueberzuges von neuem einen Mörtelbewurf aufbringt, den man schliesslich durch Wasserglasanstrich verkieselt, — ferner zum Imprägniren von Dachziegeln, indem man dieselben in Steinkohlentheer kocht, um sie gegen saure Dämpfe widerstandsfähig zu machen, auch zum Schutze der Schornsteine gegen diese Dämpfe, indem man sie innen mit heissem Theer überzieht, — sodann zur Herstellung künstlicher Steine (aus 1 Theil Eisenoxyd und $^1/_4$ Theil Theer), weiter zur Erhöhung der Wetterbeständigkeit von Gyps, indem man denselben in ein Bad geschmolzenen Theers von 300—400° *C.* bringt, ferner zur Herstellung von Russ, indem man den Theer (oder das Theerpech und die schweren Theeröle) bei unzureichendem Luftzutritt verbrennt, u. s. w.

Den künstlichen Asphalt (deutschen Asphalt, Theerpech) benutzt man zur Bereitung von Lacken und Firnissen, als Ersatzstoff des echten Asphalts, zur Herstellung von Isolirschichten auf Gewölben und Cloaken, zum Belegen von Fussböden u. s. w., jedoch sind die letzteren Verwendungsarten keineswegs empfehlenswerth.

C. **Braunkohlentheer**, welcher keine aromatischen Kohlenwasserstoffe (Benzol u. s. w.) besitzt, dagegen reich an Paraffin ist, zumal wenn die zur Destillation benutzte Braunkohle ohne Textur von Pflanzentheilen, leicht zerreiblich, trocken und hellfarbig war. Man gewinnt ihn auch aus Pyropissit (Wachskohle). Braunkohlentheer ist wachsgelb, butterartig und liefert ausser Paraffin auch brauchbare Mineralöle wie z. B. Photogen und Solaröl.

D. **Torftheer**, welcher auf ähnliche Weise gewonnen wird. Bei seiner Destillation erhält man leichte, für die Leuchtgasfabrikation geeignete Kohlenwasserstoffe, sodann schwere Oele (Schmieröle), Paraffin und als Rückstand Pech oder künstlichen Asphalt. 100 *kg* Torf liefern bei trockener Destillation (zur Gewinnung von Leuchtgas) 3—5 *kg* Theer.

E. **Schwefeltheer**, welcher durch Zusammenschmelzen von 2 Theilen Schwefel mit 3 Theilen sirupdickem Steinkohlentheer erhalten und zu Anstrichen auf Holz, Eisen und Stein benutzt wird.

F. **Theer aus bituminösem Schiefer.** Im Jahre 1839 wurde zum ersten Male aus bituminösem Schiefer Leuchtgas hergestellt. Zur Bereitung von Theer verwendet man hauptsächlich den Blätterschiefer. Aus diesem Theer gewinnt man durch Destillation und Behandlung mit Chemikalien ein Mineralöl, das wie Photogen zu Beleuchtungszwecken verwendet wird.

Verschiedenes. Als Holzanstrichfarben werden folgende Mischungen empfohlen:

2 Theile Steinkohlentheer, 1 Theil Holztheer, etwas Kolophonium und 4 Theile zu trockenem Pulver gelöschter Kalk, — oder: 2 Theile Alaun, 20 Theile Kalk, 16 Theile Theer, die zusammen bei Abschluss der Luft geglüht werden.

Ein Steinkohlen-Theeranstrich leistet zwar den Einwirkungen der Atmosphärenluft und der Alkalien kräftigen Widerstand, er empfiehlt sich aber als Rostschutzmittel für Schmiedeeisen nicht, weil er Wasser enthält und daher Rost erzeugt. Der im Holztheer vorhandene Holzessig ruft ebenfalls Rostbildungen hervor und kann deshalb zu Eisenanstrichen auch nicht empfohlen werden. Ausserdem haben die Theeranstriche den Uebelstand, dass sie in der Sonne erweichen und dann nicht selten vom Eisen abfliessen und dasselbe blosslegen. Dagegen eignet sich Theer recht gut zum Schutz von Gas- und Wasserleitungsröhren. Taucht man diese in heissen Theer ein, der in Folge der hohen Schmelztemperatur seine wässerigen Bestandtheile verloren hat, so erhält man einen dichten und fest anhaftenden Ueberzug. Da solche Röhren aus Gusseisen bestehen, das weniger leicht rostet wie Schmiedeeisen und Stahl, und unter der Erde gegen Wärmeeinwirkungen geschützt sind, da ferner in der Erde sich der Rost mit Kohlen- und Kieselsäure verbindet und dadurch selbst eine Schutzdecke bildet, so fallen hier die oben geltend gemachten Bedenken fort.*)

Die Farbstoffe (Pigmente).**)

§ 253. Eintheilung.

Man theilt die Farbstoffe oder Pigmente ein:

3. Nach dem Bindemittel, mit dem sie an die zu färbenden Gegenstände befestigt werden, in Oel-, Wasser-, Leim-, Tempera-, Wachs-, Harz-, Lack-, Kalk-, Milch-, Käse-, Laugenfarben u. s. w.

4. Nach der Verwendung: in Tusch-, Zeug- (Färberei-) und Malerfarben.

Ferner unterscheidet man noch: Pastellfarben, welche Erd- und Mineralfarben darstellen, die feinpulverisirt mit Pfeifenthon oder Marmorgyps, Gummi- oder Honigwasser, Seifen oder Fetten u. s. w. zu Farbstiften geformt, trocken aufgetragen und durch Wischen miteinander vermischt werden, — Frescofarben (vergl. § 250, Wasserglas), — Email- oder Schmelzfarben, leichtflüssige, in hohen Temperaturen ein besonderes Verhalten zeigende, in der Porzellanmalerei, zum Färben von Gläsern u. s. w. verwendete Farben (siehe § 248), — echte und unechte Farben, je nachdem dieselben der Einwirkung des Sonnenlichtes, der Atmosphärenluft, Seifen-, Soda-, Aetznatron-, Chlorkalk- u. s. w. Lösungen, Säuren, Ammoniakwasser, Alkohol, Aether u. s. w. gut widerstehen oder nicht.

§ 254. Mineralfarben (Erd- und Metallfarben).

I. Weisse Farben.

1. **Barytweiss** (Mineralweiss, Neuweiss, Permanentweiss, künstliches schwefelsaures Baryum oder Schwerspat), eine durch Zersetzung einer verdünnten heissen Chlorbaryumlösung mit verdünnter Schwefelsäure und Auswaschen des Niederschlages gewonnene, in Wasser ganz unlösliche, sehr dauerhafte, den gewöhnlichen Bestandtheilen der Luft, den Säuren, dem Schwefelwasserstoffe und der Wärme gut widerstehende, schöne, blendend weisse Farbe, welche billiger wie Bleiweiss, auch nicht giftig ist, jedoch eine geringere Deckkraft besitzt und als Oelfarbe nicht benutzt werden kann. Barytweiss kommt in Teigform und meist unter der Bezeichnung Blanc fixe in den Handel. Es ist als weisse Wasserfarbe sehr geschätzt und wird besonders in der Tapetenfabrikation verwendet, sowie seiner Unzersetzbarkeit und seines reinen Tones wegen zu Mischungen mit anderen Farben, um hellere Nuancen zu erzielen (z. B. Chromgelb), oder deren Stoff zu vermehren (z. B. Bleiweiss). Eine glänzende schneeweisse Fläche kann man erhalten, wenn man auf eine mit Kalk- oder Gypsmörtel verputzte Wand eine Mischung von Barytweiss und dünnem Leimwasser mehrere Male aufträgt und nach dem Trocknen mit einer dichten Bürste oder einem Leinwandballen abreibt. Der natürlich vorkommende schwefelsaure Baryt oder Schwerspat wird gemahlen zum Versetzen von Bleiweiss und anderen Farben benutzt.

2. **Bleiweiss** aus 83—86% Bleioxyd, 11—15% Kohlensäure und 1—2% Wasser, demnach basisch-kohlensaures Bleioxyd; dasselbe wird in verschiedener Weise im Grossen dargestellt und eingetheilt in:

a) Kremserweiss (Schieferweiss), ein reines, unvermischtes, in verdünnter Salzsäure sich vollständig und ohne Rückstand auflösendes, in kleinen Stengelchen im Handel vorkommendes und zu feineren Malereien dienendes Bleiweiss.

b) Venetianisches Weiss aus gleichen Theilen Bleiweiss und fein gemahlenem Schwerspath (Blanc fixe; siehe Barytweiss).

c) Hamburger-Weiss aus 1 Theil Bleiweiss und 2 Theilen Schwerspath.

d) Holländer-Weiss aus 1 Theil Bleiweiss und 3 Theilen Schwerspath.

e) Perlweiss, mit einem geringen Zusatz von Indigo, schwach bläulich gefärbtes Bleiweiss.

f) Leimweiss, mit Gummiwasser zu kleinen Tafeln geformtes Bleiweiss.

g) Oelweiss, mit Mohn-, Lein- oder Terpentinöl mittelst besonderer Maschinen abgeriebenes Bleiweiss.

h) Pattinson'sches Weiss, Bleioxychloridhydrat (Chlorbleilösung mit Kalkwasser), welches ein durch grosse Deckkraft sich auszeichnendes Ersatzmittel für Bleiweiss bildet, jedoch nicht ganz weiss ist.

Die Güte des Bleiweisses wird nach der Deckkraft bestimmt; diejenige Bleiweisssorte gilt als die werthvollere, welche mit der grösseren Menge Oel angerieben werden kann, ohne nach dem Trocknen durchscheinend zu werden. Bleiweiss liefert eine vorzügliche, jedoch giftige Deckfarbe für Holz, Metall und Stein, die durchaus haltbar ist, wenn die Luft nicht durch schädliche Gase, wie z. B. Schwefelwasserstoff, und Säuren stark verunreinigt ist. Es dient auch zur Herstellung von Kitten, Firnissen und Mennige. Durch Schwefelwasserstoff wird es zunächst braun, dann schwarz gefärbt, indem sich Schwefelblei bildet, und, wenn Luft und Licht nicht genügenden Zutritt haben, gelb durch Gelbwerden des Oels. Wird dem Bleiweiss Terpentinöl oder eine Mischung von 16 Theilen Sandarak, 4 Theilen venetianischem Terpentin und 48 Theilen 90—93procentigem Weingeist oder eine Mischung von Dammarharz und Terpentinöl hinzugesetzt, so erhält man einen blendend weiss bleibenden Anstrich. Bleiweiss wird oft mit Kreide verfälscht.

3. **Gyps**, der gebrannt und gemahlen ist. Er liefert eine haltbare, klare, kein Bindemittel erfordernde, weisse Farbe, die allein oder mit anderen Farben vermischt Verwendung findet. Gyps mit Kreide vermengt wird gern zur Grundirung von Holzrahmen u. s. w. benutzt, die vergoldet oder versilbert werden sollen.

4. **Kalkweiss** (Kalkmilch, Kalkwasser), aus gebranntem und gelöschtem weissem Kalk und Wasser (Regenwasser), billig, haltbar, auch als Beize brauchbar und kein Bindemittel erfordernd. Kalkmilch löst den Farbstoff von Farbhölzern stark auf und erhöht zugleich den Farbenton. Besitzt der Kalk mergelige Bestandtheile, so wird er zweckmässig mit etwas Milch oder abgeriebener Käsemasse vermischt. Wird der Kalkmilch eine Alaunlösung hinzugefügt, so wird dadurch eine erheblich grössere Deckkraft erzielt.

5. **Kreide**, die durch Schlämmen gereinigt ist. Sie dient allein oder mit anderen weissen Farben vermischt hauptsächlich als Leimfarbe und kommt unter dem Namen Dänisch-, Spanisch-, Wiener-, Marmorweiss oder Bologneser- oder Champagnerkreide in den Handel.

6. **Schiefer**, der fein gemahlen eine billige, beständige, angenehm grauweisse Farbe liefert.

7. **Talk**, aus Bitter- und Kieselerde bestehend, der weich ist, sich eigenthümlich fettig und schlüpfrig anfühlt und als weisse Farbe und Schminke, sowie als Polirmittel und zum Einstreuen in Handschuhe, Stiefel u. s. w. dient, um diese leichter anziehen zu können.

8. **Weisser Thon,** der zu Grundirungen auf frisch getünchten Wänden, die einen anderen Farbenton erhalten sollen, sowie zur Beseitigung von Fettflecken dient.

9. **Zinkweiss,** fein vertheiltes Zinkoxyd, am besten aus metallischem Zink dargestellt. Es ist billiger wie Bleiweiss, nicht giftig, wird in schwefelwasserstoffhaltiger Luft nicht schwarz, erfordert jedoch mehr Oel, besitzt eine geringere Deckkraft und ist im Freien nur von geringer Dauer. An feuchter Luft wird frisch bereitetes und frisch geglühtes Zink durch Aufnahme von Kohlensäure in krystallinisches, nicht mehr deckendes und nicht mehr fein zu mahlendes kohlensaures Zink verwandelt. Trockenes Zinkweiss verändert sich durch Einwirkung der Kohlensäure trockener Luft nicht, daher hat das Zinkweiss in geschlossenen Räumen eine gute Haltbarkeit. Zu Lackirarbeiten zieht man es dem Bleiweiss vor. Durch Gelbwerden des reichlicher vorhandenen Oeles wird es dunkler als Bleiweiss. Wird Zinkoxyd mit Zinkstaub vermischt, so erhält man Zinkgrau. Eine Zinkvitriollösung, mit Ammoniumcarbonat versetzt, liefert ebenfalls einen weissen Farbstoff.

II. Gelbe Farben, auch Orangefarben.

1. **Antimongelb** (Neapelgelb), antimonsaures Bleioxyd, eine sehr haltbare und feuerbeständige, orangegelbe Farbe, die als Oel-, Schmelz- und Wasserfarbe benutzt wird, aber sehr theuer und giftig ist. Das erdige Antimonoxyd (Antimonocker, Spiessglanzocker) liefert eine gelbe, ins Grünliche stechende, matte, kostspielige Farbe.

2. **Auripigment** (Operment, Rausch-, Königs-, Neugelb), gelber Schwefelarsenik aus 60·97% Arsen und 39·03% Schwefel. Es kommt in der Natur seltener in deutlich krystallinischen, häufiger in nierenförmigen, kugel- oder tropfsteinartigen, durchscheinenden bis undurchsichtigen, perlmutterglänzenden, sehr leicht spaltbaren, citronen- bis orangegelben Massen mit blätterigem Bruch vor oder wird auf trockenem oder nassem Wege in verschiedener Weise künstlich dargestellt. Auripigment ist eine sehr giftige, in Kalilauge und Königswasser (einer Mischung von 1 Theil Salpetersäure mit 2—4 Theilen Salzsäure) vollständig lösliche, andere Metallfarben wegen seines Schwefelgehaltes verändernde (z. B. Bleiweiss schwärzende), in der Oelmalerei noch selten benutzte, hauptsächlich zum Färben von Glasflüssen und als ein Desoxydationsmittel des Indigo beim Blaufärben dienende Farbe, die mit Permanentweiss vermischt zu hellgelben Anstrichen und in Ammoniak aufgelöst zum Färben weisser Hölzer (behufs Erzeugung einer Buchsbaumfarbe) verwendet wird.

3. **Barytgelb** (Gelbin, gelbes Ultramarin), chromsaures Baryum, der Niederschlag aus einer Lösung von Chlorbaryum mit neutralem chromsaurem Kali; eine sehr werthvolle, an der Luft völlig unveränderliche, aber giftige Malerfarbe.

4. **Bleigelb** (gelbes Bleioxyd, Massicot, Sandix, Goldglätte), durch Erhitzen von Bleiweiss oder salpetersaurem Bleioxyd unter starkem Luftzutritt gewonnen. Es wurde früher viel als Malerfarbe verwendet und ist giftig.

5. **Bronzefarben,** Metallpulver aus den Abfällen der Metallschlägerei durch Erhitzen mit etwas Fett dargestellt. Eine hellgelbe Bronzefarbe erhält man aus 83 Theilen Kupfer und 17 Theilen Zink, eine orangegelbe

aus 99 Theilen Kupfer und 1 Theil Zink, eine weisse aus Zinn, eine blaue aus einer weissen Bronzefarbe, die mit einer alkoholischen Lösung von Anilinblau übergossen und bis zum Verdunsten des Alkohols gerührt wird. Man verwendet die Bronzefarben zum Bronziren von Gyps, Holz, Eisen und Zinkgusswaren, in der Lackirerei, Buch- und Steindruckerei, zur Wachsleinwand- und Tapetenfabrikation u. s. w.

6. **Chromgelb** (Gothaer-, Kölner-, Leipziger-, Zwickauer-, Parisergelb), neutrales chromsaures Bleioxyd, die schönste gelbe Farbe mit bedeutender Deckkraft, den Einwirkungen der Luft, des Wassers und verdünnter Säuren vollständig, alkalischen Laugen und Seifen jedoch nicht widerstehend, durch Schwefelwasserstoff allmälig braun werdend. Sie wird von allen gelben Farbstoffen in der Malerei am meisten verwendet und dient auch zum Lackiren, sowie zum Färben von Zeugstoffen und Wolle. Mit Wasserglas kann dieselbe nicht vermischt werden. Um ihr mehr Körper zu verleihen, wird sie oft mit Kreide, Gyps, Schwerspath und verschiedenen anderen Stoffen vermischt. Aus Chromgelb mit frisch gefälltem Berlinerblau erhält man prachtvolle grüne Farben (Chromgrün oder grünen Zinnober), aus schwefelsaurem Blei oder Chlorblei und einer warmen Lösung von Kaliumdichromat ein helles, schwefelsaures Blei enthaltendes Chromgelb, aus Kaliumdichromat, Schwefelsäure und einer Bleilösung eine schöne, lockere, citronengelbe Chromfarbe von grosser Deckkraft, und bei Verwendung einer grösseren Menge Schwefelsäure eine dichte, helle Farbe, die unter dem Namen Kölnergelb in den Handel kommt, endlich aus Chromgelb und Chromroth, oder Chromgelb und Kalkmilch Chromorange. Chromgelb ist giftig.

7. **Gelberde** (gelber Thon, Berggelb, Ockergelb, Melinit, Stritzelgelb, gelbe Hausfarbe u. s. w.), ein Mineral aus der Gruppe der Silicate, welches aus 33·5% Kieselsäure, 14·5% Thonerde, 38% Eisenoxyd und 14% Wasser besteht und in Lagern in jüngeren Kalkgesteinen vorkommt, feinmehlig, sehr weich und zerreiblich ist, an der Zunge klebt, sich mager anfühlt, wenig glänzenden Strich besitzt, in Wasser zu Pulver zerfällt und gebrannt eine rothe Farbe annimmt (rother Ocker). Gelberde dient zu Anstrichen von Holzwerk und zum Färben von Leder (besonders Waschleder), ist billig und wird sehr viel verwendet. Am meisten geschätzt wird die Gelberde von Amberg (Ambergergelb).

8. **Jodblei** (Bleijodid), ein citronengelbes, krystallinisches Pulver, welches man durch Fällung einer Lösung von 114 Theilen salpetersaurem oder essigsaurem Bleioxyd mit 100 Theilen Jodkalium erhält. Dasselbe ist sehr giftig und schmelzbar; es wird nicht nur als Farbstoff, sondern auch (wiewohl jetzt selten) als Heilmittel gebraucht.

9. **Kadmiumgelb** (Brillantgelb, Jaune brillant), Schwefelkadmium, eine weder von Alkalien und Säuren, noch durch Schwefelwasserstoff zu verändernde und daher sehr haltbare, nicht giftige, hohe Deckkraft besitzende, prachtvoll gelbe Wasser-, Oel- und Kalkfarbe von grossem Feuer, welche mit Berliner-Blau und Ultramarin eine schöne grüne Farbe (Kadmiumgrün) giebt und sich mit verschiedenen anderen Farben, nur nicht mit Kupferfarben vermischen lässt. Man benutzt Kadmiumgelb auch zur Bereitung von Blaufeuer.

10. **Casselergelb** (Mineral-, Englisch-, Veroneser-, Montpellier-, Patent-, Chemisch- und Turner's Gelb), Bleioxychlorid, eine gold-

gelbe, krystallinische, ziemlich beständige Oel- und Wasserfarbe, die durch Zusammenschmelzen von 10 Theilen Mennige und 1 Theil Salmiak gewonnen wird. Es ist giftig. Turner's Gelb wird aus Bleiglätte und concentrirter Kochsalzlösung durch Waschen und gelindes Schmelzen der entstehenden weissen Masse gewonnen.

11. Muschelgold (Malergold, echte Goldbronze), aus Blattgold hergestellt, oder aus einer Goldlösung, die mit Chlorantimon oder salpetersaurem Quecksilberoxydul gefällt wird. Es wird das feine Goldpulver mit Gummi oder Honig abgerieben und in Muscheln eingetrocknet. Man benutzt es zu Malereien und Vergoldungen.

12. Musivgold (unechtes Muschelgold, unechte Goldbronze, mosaisches oder Judengold). Zu seiner Herstellung werden 12 Theile Zinn und 6 Theile Quecksilber mit 7 Theilen Schwefelblumen und 6 Theilen Salmiak innig vermengt und dann mehrere Stunden geglüht, wobei der Salmiak verflüchtet. Die geglühte Masse wird schliesslich mit geringen Mengen Zinnober und Zinnchlorid vermischt. Das Musivgold erscheint in schönen, goldglänzenden, kleinen Krystallen, liefert eine haltbare gelbe Farbe, welche zu unechten Vergoldungen (zum Bronziren), als Goldlack für Lampen und Lampenfüsse und zu Anstrichen Verwendung findet.

13. Ocker, natürlich vorkommendes, feinerdiges, zerreibliches, abfärbendes, mehr oder weniger mit Thon verunreinigtes Eisenoxydhydrat von lichtgelber oder bräunlichgelber Farbe, die durch vorsichtiges Glühen etwas lebhafter gemacht werden kann. Ocker wird als Oel-, Wasser-, Kalk oder Leimfarbe und zum Färben von Leder verwendet. Er besitzt eine ausserordentliche Haltbarkeit. Man trocknet, pulverisirt, siebt und schlämmt ihn. Guter Ocker fühlt sich fettig an, knirscht nicht beim Zerreiben und wird angefeuchtet nicht viel dunkler. Stark geglüht verwandelt er sich unter Verlust seines Wassers in rothes Eisenoxyd (rother Ocker). Nach den Farbetönen die von dem Grade der Erhitzung abhängen, unterscheidet man: Kasseler Goldgelb, Schöngelb, Chinesischgelb, Gelbocker, Lichtocker, Goldocker, Satinocker und Dunkelocker. Gebrannter Ocker zeigt eine feurigere Farbe als ungeglühter.

Künstlich kann man Ocker bereiten, wenn man Eisenvitriol mit Kalkmilch vermischt oder Alaun- oder Zinkvitriol- oder Eisenvitriollösungen mit Soda fällt, den Niederschlag gut auswäscht, an der Luft trocknet und zum Theil nochmals glüht. Dieser künstliche Ocker kommt je nach den Farbenuancen unter den Bezeichnungen Marsgelb, Marsorange und Marsbraun in den Handel und liefert sehr dauerhafte Farben, die hauptsächlich zu feineren Malereien Verwendung finden.

14. Steingelb, gemahlene Zinkblende, eine billige, angenehm lichtgelbe, haltbare Farbe, die zu Maueranstrichen viel benutzt wird und, mit Oelfirniss angerieben, auf Holz einen dauerhaften, hornartigen Ueberzug bildet.

15. Zinkgelb, wasserhaltiges, chromsaures Zinkoxyd, das als citronengelber Niederschlag beim Vermischen eines Alkalimonochromats mit einer Zinkvitriollösung entsteht. Es liefert eine an der Luft unveränderliche Malerfarbe.

III. Blaue Farben.

1. Bergblau (Berglasur, Kupferblau, *cendres bleues*), neutrales kohlensaures Kupferoxyd. Es wird aus fein gemahlenem und geschlämmten Lasur-

stein (sehr theuer) oder künstlich, z. B. als Niederschlag einer kalten, mit Sodalösung versetzten Kupfervitriollösung gewonnen. Bergblau ist sehr giftig, wenig haltbar und von geringem Farbevermögen (nur $^1/_{15}$ von dem des Berliner-Blau). Man verwendet es hauptsächlich als Wasserfarbe. Als Leimfarbe wird es bei Einwirkung der Sonne bald grünlich, als Oelfarbe dunkler und unschöner.

2. Berliner-Blau (Preussisch-, Erlanger-, Pariser-Blau u. s. w.), eine Doppelverbindung von Eisencyanür mit Eisencyanid und Wasser; man gewinnt es meistens durch Fällung einer Eisenoxydlösung (Eisenchlorid, salpetersaures Eisenoxyd u. s. w.) mit einer Auflösung von gelbem Blutlaugensalz, wobei erstere im Ueberschuss vorhanden sein muss. Der tief dunkelblaue Niederschlag wird durch Auswaschen gereinigt und dann an der Luft getrocknet. Er ist leicht zerreiblich, in Wasser unlöslich, dagegen in Kleesäure und neutralem weinsteinsauren Ammoniak löslich und nimmt, wenn bei 70—80° *C.* getrocknet, eine blauschwarze Farbe an, wird sehr hart und zeigt einen kupferrothen Strich. Dieses chemisch-reine Berliner-Blau (reines Ferriferrocyanid) wird im Handel meistens Pariser-Blau genannt. Die feinste Sorte führt den Namen Stahlblau. Man unterscheidet ferner noch neutrales Berliner-Blau, ein wasserhaltiges Eisencyanürcyanid, welches beim Vermischen einer Eisenoxydullösung mit einer Kaliumeisencyanürlösung erhalten wird, — basisches Berliner-Blau, eine Verbindung von neutralem Berliner-Blau mit Eisencyanür, — Turnbull's Blau, eine Mischung von einer Eisenvitriollösung mit einer Lösung von rothem Blutlaugensalz (giebt eine etwas hellere, ins Violette spielende Farbe, die wie Berliner-Blau in Wasser und verdünnten Säuren nicht löslich ist), — Williamson's Blau, ein Turnbull's Blau mit einem Zusatz von wässerigem Chlor oder Salpetersäure, — Miloryblau, ein Berliner-Blau, das beim Reiben keinen Kupferglanz zeigt, — Raimunds-, Napoleons-, Kali- oder Marie-Luisen-Blau, das beim Färben von Seide benutzt wird, — Mineral-, Fingerhut-, Hamburger-Blau, ein mit Schwerspath, Kreide, Gyps, Thonerde, Jodstärke, Magnesia u. s. w. verunreinigtes Berliner-Blau.

Eine himmelblaue Farbe erhält man aus einer Mischung von 1 Theil Berliner-Blau mit 90 Theilen Zinkweiss, eine azurblaue aus 1 Theil Berliner-Blau und 200 Theilen Weiss.

Das Berliner-Blau liefert eine fein lasirende Wasserfarbe, eine gut deckende Oelfarbe und, in verdünnter Oxalsäure aufgelöst, eine gute, blaue Tinte; es dient ferner zum Färben von Baumwolle, Wolle und Seide, in der Kattun- und Tapetendruckerei u. s. w.; ist geruch- und geschmacklos und nicht giftig, bietet aber dem Lichte nur wenig Widerstand und erbleicht, indem es Cyan verliert. Im Dunklen wird es wieder tiefblau. Alkalien und Aetzkalk zersetzen es sehr leicht, so dass es auf frische Kalkwände nicht aufgestrichen werden kann, bevor dieselben nicht mit Thon oder Kreide grundirt worden sind; auch dürfen mit Berliner-Blau gefärbte Stoffe nicht mit Seife oder Lauge gewaschen werden. In der Färberei und Zeugdruckerei ist Berliner-Blau in neuerer Zeit durch Theerfarbstoffe stark verdrängt worden.

3. Blaueisenerde (blauer Ocker, natürliches Berliner-Blau, Eisenblau, Vivianit), wasserhaltiges, phosphorsaures Eisenoxyduloxyd, eine natürliche, in tertiären und jüngeren Thonen und Torfmooren vor-

kommende Erde, die frisch aufgegraben häufig weiss ist, aber an der Luft allmälig lavendelblau bis tief indigoblau wird und eine nicht giftige, sehr haltbare, glasglänzende, durchscheinende Wasser- und Oelfarbe liefert. Sie wird auch künstlich aus einer Eisenvitriollösung und phosphorsaurem Natron hergestellt.

4. **Blauerz**, ein verwitterter Eisenspat von bläulichschwarzer Farbe, zu Malereien hin und wieder verwendet.

5. **Blauer Carmin** (mineralischer Indigo, Molybdänblau), molybdänsaures Molybdänoxyd, ein mehr oder weniger reines, indigoblaues, schwefelsaures Kali oder Natron, welches durch Fällung einer Lösung von Indigo in Schwefelsäure mit Pottasche, Soda und Kochsalz erhalten wird. Farbe von geringer Bedeutung.

6. **Bremer-Blau** (Kasseler-, Hamburger-, Kalkblau), aus Kupfervitriol, arseniksaurem Kali und Kalkhydrat bestehend, also wasserhaltiges Kupferoxyd. Es ist der Gesundheit schädlich, giebt eine nicht sehr dauerhafte Farbe und wird bei guter Beschaffenheit in Säuren ohne Brausen vollständig aufgelöst. Fällt man aus dieser Lösung das Kupfer mit Schwefelwasserstoff und erhält man durch kohlensaures Natron einen Niederschlag, so war das Bremer-Blau mit Kalk, Magnesia oder Thonerde verfälscht. Eine derartige Mischung nennt man Kalkblau. Bremer-Blau giebt als Wasser- und Leimfarbe ein lichtes und feuriges Blau, mit Oel angerieben nach etwa 24 Stunden ein schönes Grün (Bremer-, Magdeburger-, Französisch-Englisch-Grün) in Folge einer Verbindung des Kupferoxydes mit Bestandtheilen des Oeles. Man benutzt das Bremer-Blau und -Grün auch vielfach zur Herstellung von Tapeten und buntem Papier.

7. **Kobaltblau** (Kobaltultramarin, Thénard's Blau, Leithener-Wiener-Blau u. s. w.). Man stellt es in verschiedener Weise her, z. B. aus 1 Theil reinem phosphorsauren Kobaltoxydul mit 5 Theilen verdünnter Schwefelsäure, welche mit einer Lösung von 10 Theilen Alaun in 200 Theilen Wasser vermischt und mit 8 Theilen gereinigter Pottasche und 16 Theilen krystallisirter Soda gefällt werden. Der Niederschlag wird gut ausgewaschen, gepresst, getrocknet, in einem bedeckten Tiegel zuerst gelinde, dann aber eine Stunde lang sehr stark geglüht und endlich pulverisirt. Thénard's Blau ist Kobaltoxydulthonerde und wird erhalten durch Befeuchten von Thonerdehydrat mit einer Lösung von Kobaltnitrat und Glühen der Masse; Leithener- oder Wiener-Blau wird aus arsensaurem Kobaltoxydul und Thonerdehydrat bereitet. Eine in England viel verwendete Farbe besteht aus zinnsaurem Kobaltoxydul, Zinnoxyd und Gyps. Eine schöne himmelblaue Farbe (für Oel- und Aquarellmalerei) erhält man durch Glühen von Zinnoxyd mit Kobaltnitrat u. s. w. Letztere Farbe erscheint bei künstlicher Beleuchtung nicht schmutzigviolett wie die übrigen Kobaltfarben. Als Schmelz- (Email-) Farbe wird häufig eine Mischung von 42 Theilen Kobaltblau, 8 Theilen Kobaltoxydul, 50 Theilen Sand und 50 Theilen Bleioxyd benutzt. Kobaltblau ist gegen Säuren vollständig unempfindlich und liefert eine feurige, ungemein dauerhafte, luft- und feuerbeständige, jedoch wenig Deckkraft besitzende Wasser- und Oelfarbe; sie wird auch in der Porzellan- und Steingutmalerei, sowie in der Zeugdruckerei viel benutzt.

8. **Smalte** (Schmalte, Zaffer, Saflor oder Safflor, Aeschel oder Eschel, Königs- oder Kaiserblau u. s. w.), meistens aus wechselnden

Mengen von Kobaltoxydul oder Kobaltoxyduloxyd mit anderen Metalloxyden bestehend und zum Theile auch Arsen enthaltend. Man gewinnt Smalte aus gerösteten Kobalterzen (häufig Arsenkobalt), die in Tiegeln mit Quarzsand und Pottasche zu Glas zusammengeschmolzen, in Wasser abgeschreckt, auf Pochwerken zerstampft, auf Mühlen mit Wasser fein gemahlen und durch Schlämmen sortirt werden. Die feinste kobaltreichste Sorte wird unter dem Namen Königs-, Oel- oder Sächsisch-Blau, die gröbste unter der Bezeichnung Aeschel-, Eschel- oder Streublau, die dunkelste unter der Bezeichnung Couleur verkauft. Smalte ist eine sehr haltbare, feuerbeständige Farbe für die Glas-, Porzellan- und Frescomalerei, die sich mit Wasserglas vermischen lässt und sehr schnell trocknet. Als Oelfarbe verbleicht sie an der Luft ziemlich stark; zur Kalkfarbe ist sie nicht gut verwendbar, weil sie dann grünlich und schwarz wird; bei künstlichem Licht sieht sie schmutzig aus; ihre Deckkraft ist eine geringe; ihr Farbvermögen 40mal geringer als das von Berliner-Blau. Man benützt sie auch in der Thonwarenindustrie, sowie zum Färben von Zeugstoffen und Papier, doch ist sie hierbei in neuerer Zeit vom Ultramarin fast ganz verdrängt worden.

9. **Ultramarin** (Lasurblau, Azurblau). Dieser Farbstoff wurde früher durch Mahlen und Schlämmen des Lasursteines (*lapis lazuli*) gewonnen, der ein Natron-Thonerdesilicat aus 37—40 % Kieselerde, 23—29 % Thonerde, 18 bis 21 % Natron, 8—13 % Schwefel mit Spuren von Eisen, Kalk und Magnesia darstellt. Das künstliche Ultramarin wird durch Calciniren eines Gemenges von 100 Theilen wasserfreiem Kaolin, 80—100 Theilen wasserfreiem Glaubersalz und 17 Theilen Kohle oder aus 100 Theilen Kaolin, 100 Theilen calcinirter Soda, 12 Theilen Kohle und 60 Theilen Schwefel gewonnen, indem man diese Mischungen in Tiegeln oder Kästen aus feuerfestem Thon bei Rothgluthitze und unter Luftzutritt erwärmt. Man erhält dann zunächst grünes Ultramarin (bei Luftabschluss ergiebt sich weisses Ultramarin). Wird das grüne Ultramarin bei geringer Temperatur und unter Luftzutritt mit Schwefel geglüht, so dass letzterer zu schwefeliger Säure verbrennen kann, so erhält man blaues Ultramarin. Bei diesem Glühen wird gleichzeitig etwas Natron oxydirt, das als schwefelsaures Natron aus dem Ultramarin ausgezogen wird. In einigen Fabriken stellt man auch sofort blaues Ultramarin durch Erhitzen eines Gemenges von Thon, Soda, Kohle, Schwefel u. s. w. dar. Violettes Ultramarin wird durch Ueberleiten von Chlorgas in überhitztes blaues Ultramarin und durch weitere Behandlung des Productes mit Wasser gewonnen.

Ultramarin stellt ein lasurblaues, sich an der Luft und in der Hitze nicht veränderndes, bei Weissgluthitze zu einem gelben Glase schmelzendes und daher als Schmelzfarbe nicht verwendbares Pulver dar, das gegen Licht, Wasser, Alkohol, Aether, Oel, Seifenlauge, Schwefelwasserstoff und Kalkwasser unempfindlich ist, jedoch durch Säuren, selbst durch sauer reagirende Salze (z. B. durch eine Alaunlösung) unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas entfärbt wird. Das Soda-Ultramarin hat vor dem Glaubersalz-Ultramarin (vor dem sogenannten Sulfatultramarin) den Vorzug grösserer Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alaunlösungen.

Das Ultramarin wird nass eingemahlen und geschlämmt; je feiner es gemahlen ist, desto heller erscheint es. Wegen seiner völligen Unschädlichkeit hat es die Kobaltfarben (Smalte und Kobaltblau) fast gänzlich verdrängt. Ultramarin ist eine gleich brauchbare Wasser-, Kalk- und Oelfarbe

Man benutzt es auch zum Bedrucken von Tapeten, Wolle, Baumwolle, Leinwand, Kattun und Seide, ferner zum Färben von an sich gelblichem Papier, Zucker und Wäsche, damit dieselben dem Auge schneeweiss erscheinen, endlich in der Buchdruckerei und Lithographie. Häufig wird es mit Kaolin, Gyps oder Weizenmehl verfälscht. Es kommt meistens in blauen Kugeln in den Handel.

IV. Rothe Farben.

1. **Bolus**, ein braunrothes oder rothgelbes, im Bruche muscheliges bis erdiges Mineral aus Silicaten von Thonerde, Eisenoxyd und Kalkerde, das meistens aus 42% Kieselsäure, 24% Thonerde, 10% Eisenoxyd und 24% Wasser besteht und beim Brennen roth wird. Der rothe Bolus von der Insel Lemnos (lemnische Erde) und von Siena in Italien (*Terra di Siena*) wird gebrannt als Oel- und Wasserfarbe und ungebrannt als Fresco- und Stubenmalerfarbe verwendet. In Deutschland wird der Bolus aus Nürnberg bezogen.

Der rothe Bolus (von Sinope) wurde schon im Alterthume zu Malereien vielfach benutzt (z. B. in Pompeji). Die feinste Sorte desselben, orientalischer, armenischer oder morgenländischer Bolus genannt, ist sehr feinerdig und röthlich-gelb; sie dient, mit Wasser und Leim angerührt, zum Grundiren von Holzgegenständen, die vergoldet oder versilbert werden sollen, auch zur Grundirung von Gold- und Silberpapier. Geschlämmter Bolus wird als Polirmittel für Metalle und zum Schleifen von Glas benutzt. Endlich stellt man aus Bolus auch Glasuren für Töpferwaren, sowie Rothstifte her, auch findet derselbe zur Bereitung von Kitten Verwendung.

2. **Chromroth**, basisch chromsaures Bleioxyd. Man erhält diese giftige Farbe durch Fällen einer Bleizuckerlösung mit einer alkalisch gemachten Lösung von gelbem chromsauren Kali oder durch Erwärmen von Chromgelb mit Kali- oder Natronlauge u. s. w. Bei sorgfältiger Bereitung besitzt Chromroth eine prächtige Farbe, die noch durch einen Zusatz von etwas Indigocarminlösung bedeutend lebhafter wird.

Vermischt man Chromroth mit Chromgelb, so erhält man eine schöne Orangefarbe (Chromorange). Eine rothe Anstrichfarbe giebt auch chromsaures Zinkoxyd, ferner chromsaures Quecksilberoxydul, das unter den Bezeichnungen Chromzinnober, österreichischer Zinnober, falscher Zinnober und Vandyksroth in den Handel kommt. Alle diese Farben sind für Wasser-, Kalk- und Oelmalerei sehr gut verwendbar und werden auch in der Siegellackfabrikation benutzt.

3. **Eisenmennige**, welche durch Brennen von gewissen thonigen, gepulverten und geschlämmten Eisensteinen erhalten wird und 70—90% Eisenoxyd, meistens auch Kieselerde, sowie geringe Mengen Kalk, Magnesia, Thonerde u. s. w. besitzt. Die Farbe ist je nach der Höhe der Brenntemperatur roth oder rothbraun und trocknet schnell. Eisenmennige bildet ein Schutzmittel des Eisens gegen Rost und ist auch als Kitt verwendbar. Sie wird von Säuren nur schwer angegriffen; Schwefelwasserstoff vermag auf sie nicht einzuwirken, kochende Salzsäure nur eine geringe Menge Eisenoxyd aus ihr auszuziehen.

Das natürliche Eisenoxyd kommt in neuerer Zeit unter dem Namen »Schuppenpanzerfarbe von Dr. Graf & Comp.« in Berlin in den Handel, dessen Vorzüge sich mit denen der Eisenmennige decken. Das Hervorheben weiterer, guter Eigenschaften muss als reclamenhafte Ueber-

treibung bezeichnet werden. (Vergl. Spennrath, »Chemische und physikalische Untersuchung der gebräuchlichsten Eisenanstriche« in den »Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleisses«, 1895, Heft VI.)

4. **Englischroth** (Engelroth, Eisenroth, Eisenoxyd). Dasselbe wird auf verschiedene Weise gewonnen. Das gewöhnliche Englischroth bildet den Rückstand bei der Destillation der Schwefelsäure aus Eisenvitriol; dieser Rückstand wird mit heissem Wasser ausgewaschen und geschlämmt. Das Berliner-Roth bereitet man aus Eisenvitriol und Alaun, das Indischroth durch Zerstampfen sehr reiner Stücke von natürlich vorkommendem Eisenoxyd, das Persischroth aus Rotheisenstein oder Blutstein, das *caput mortuum* (Polirroth, Kolkothar, Todtenkopf) künstlich aus dem Rückstand bei der Fabrikation von rauchender Schwefelsäure, das Marsroth durch Glühen von reinem Eisenvitriol mit Zusatz einer geringen Menge Salpeter, eine braun-violette Farbe durch Glühen von 500 *g* Eisenvitriol und 34 *g* Salpeter, Auskochen der Masse und nochmaliges Glühen, und endlich eine prachtvolle rothe Farbe durch Erwärmen von Eisenoxalat an der Luft u. s. w.

Das Eisenroth wird als Wasser-, Oel-, Kalk- und Leimfarbe, sowie wegen seiner Härte als Schleif- und Polirmittel verwendet. Im Besonderen benutzt man das rothe bis rosenrothe Indischroth aus Bengalen zu feineren Malereien, — das künstlich bereitete und geglühte Eisenoxyd (*caput mortuum* u. s. w.), das eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen Licht, Luft, Wasser, Schwefelwasserstoff u. s. w. und eine gute Deckkraft besitzt, je nach der Glühtemperatur verschieden hart und hellziegelroth bis dunkelviolettroth oder durch Vermischen des Eisenoxyds mit Bleimennige weniger grell gefärbt ist, zum Poliren von Metallen, besonders von Gold und Silber (hellrothes, weiches Polir- oder Goldroth), aber auch zu Anstrichen und in seinen dichteren, dunkleren Sorten zum Poliren von Stahl (Stahlroth) — das am stärksten (bei anhaltender Weissgluthitze) geglühte Eisenoxyd (Eisenviolett) und das Marsroth zu feineren Malereien. Das geglühte und geschlämmte *caput mortuum* (Kolkothar), welches eine billige, ziemlich gut deckende Anstrichfarbe liefert, kommt unter dem Namen Chemisch-, Berliner-,

Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul mit kohlensaurer Magnesia. Kobaltroth liefert beim Erhitzen Kobaltviolett und dient hauptsächlich zum Färben und Bedrucken von Zeugstoffen, zur Herstellung von Tapeten und als Oelfarbe. Kobaltbronze, ein Kobaltroth mit Ammoniak und Wasser, findet namentlich in der Tapeten- und Buntpapierfabrikation Verwendung.

7. **Mennige** (Bleimennige). Ein in der Natur selten vorkommendes Mineral (rothes Bleioxyd). Mennige wird künstlich durch schwache Erhitzung (bei einer kaum bis zur Rothgluthitze gesteigerten Temperatur) von gelbem Bleioxyd unter Luftzutritt gewonnen und stellt eine Verbindung von Bleioxyd mit Bleisuperoxyd dar. Die besten Sorten werden unter der Bezeichnung Pariser-Roth, Mineralorange, Goldsaturnobe, Saturnzinnober, Orangemennige, Bleiroth, Bleizinnober verkauft. Bleimennige wird in reiner Luft nicht verändert; enthält letztere jedoch Schwefelwasserstoff, so entsteht aus Mennige Schwefelblei.

Mennige ist giftig und wird als Wasser- und Oelfarbe verwendet, ferner zur Herstellung von rothen, rosenrothen und orangefarbigen Tapeten, von Oelkitt, Bleiglas und Bleiglasur, zum Dichten von Maschinentheilen (namentlich Gas- und Dampfröhren) u. s. w. Als Rostschutzmittel kann Mennige nicht benutzt werden. Sie ist doppelt so theuer wie Eisenmennige und wird oft mit Ziegelmehl verfälscht. Mennige selbst dient zum Verfälschen von Zinnober.

8. **Purpurcarmin** (purpursaures Ammoniak, Murexid), das Ammoniaksalz der Purpursäure, das neben dem Natriumsalz ein Zersetzungsproduct der Harnsäure bildet. Purpurcarmin entsteht bei Eindampfung der (aus Schlangenexcrementen und Taubenmist abgeschiedenen) Harnsäure mit Salpetersäure und Neutralisirung mit kohlensaurem Ammoniak. Purpurcarmin liefert eine prächtige rothe, aber wenig haltbare, durch Luft, Licht, Feuchtigkeit leicht zerstörbare, von heissem Wasser, Seifen, Säuren, Schweiss, Ammoniak schnell veränderte Farbe, die sich z. B. in Wasser purpurroth und in Kalilauge blau löst. Man benutzte diesen Farbstoff früher viel zum Purpurfärben; in neuerer Zeit ist Purpurcarmin jedoch durch die Theerfarben fast ganz verdrängt worden.

9. **Rother Ocker** (Rotheisenocker, rothe Eisenerde), ein fast reines, feinerdiges, durch Verwitterung des Spatsteines entstandenes Eisenoxydhydrat oder ein erdiges Gemenge von Brauneisenstein mit Manganoxydhydrat oder ein Gemenge von Eisenoxydhydrat mit basisch-schwefelsaurem Eisenoxyd, durch Verwitterung und Oxydation von Strahlkies entstanden. Ocker wird gemahlen und gesiebt als Wasser-, Kalk-, Leim- und Oelfarbe, sowie zum Färben von Leder verwendet und geglüht oder gebrannt, wenn er eine lebhaftere Farbe erhalten soll. Seine Haltbarkeit ist eine sehr grosse. Man kann ein Ziegelsteinpflaster (Fussboden) schön roth färben, wenn man die Ziegelsteine mit Seifenwasser oder Wasser mit $^1/_2$ % Pottasche reinigt, dann mit einer Mischung von rothem Ocker und Leimwasser überpinselt, nach dem Trocknen einen zweiten Anstrich mit Leinölfirniss und hierauf einen dritten mit rother Leimfarbe aufbringt und den Fussboden schliesslich mit Wachs abreibt.

10. **Realgar** (Rauschgold, Arsenikrubin, rothe Arsenblende, Rubinschwefel). Man erhält diesen orangerothen Farbstoff, welcher in der Oelmalerei und Lackirerei, sowie zur Bereitung von Weissfeuer verwendet

wird, durch Zusammenschmelzen von 30 Theilen Schwefel mit 70 Theilen Arsenik oder durch Destillation von Schwefelkies und Arsenikkies oder aus dem Mineral Arsensulfur, das, dem Licht ausgesetzt, zu einem gelblich-rothen Pulver zerfällt.

11. **Röthel** (rothe Kreide), ein feinerdiges, abfärbendes Gemenge von Thon und rothem Eisenocker, das durch Brennen dunkler und härter gemacht werden kann. Die feineren Sorten stellt man künstlich aus geschlämmtem, mit Gummi oder Seife zu einem Teige angemachtem Röthel her, der in Formen gegossen und gepresst und meistens noch mit etwas Zinnober gefärbt wird. Röthel ist im Wasser unlöslich, saugt aber Wasser auf. Man verwendet ihn zur Fabrikation von Rothstiften, zu Anstrichen, zum Abschnüren von Zimmerarbeiten u. s. w.

12. **Spiessglanzzinnober** (Antimonzinnober). Derselbe wird erhalten, wenn man unterschwefligsaures Natron in geringem Ueberschuss auf eine wässerige Lösung von Antimonchlorid einwirken lässt, den Niederschlag auswäscht und trocknet. Dieser Farbstoff bildet ein zartes carminrothes Pulver von sammetähnlichem Aussehen; er ist gegen die Einwirkungen von Licht und Luft unempfindlich, wird aber durch Kalk und Alkalien zerstört und kann deshalb nicht auf Kalkwänden (Kalkputz) verwendet werden. Spiessglanzzinnober liefert im Uebrigen eine recht brauchbare Wasser-, Leim- und Oelfarbe.

13. **Zinnober.** Der natürliche Zinnober ist ein aus 86·29% Quecksilber und 13·71% Schwefel bestehendes Mineral von dunkelcochenille- bis carminrother, auch scharlachrother Farbe. Der natürliche Zinnober wird als Farbstoff nicht benutzt, sondern nur der künstliche, welcher durch Sublimation einer Verbindung von 1 Theil Schwefel und 5—7 Theilen Quecksilber, also auf trockenem Wege, oder in verschiedener Weise auf nassem Wege hergestellt wird, z. B. dadurch, dass man durch Erhitzen von Schwefel und Quecksilber oder durch Fällen eines Quecksilberoxydsalzes dargestelltes amorphes schwarzes Quecksilbersulfid mit Schwefelammonium digerirt. Man unterscheidet rothen Zinnober, der eine prächtige hochrothe Malerfarbe von

Das Berggrün liefert eine zarte, hellgrüne, giftige Farbe, die schlecht deckt. Ihre Haltbarkeit wird durch einen geringen Zusatz von Bleiweiss eine ziemlich hohe. Für Aquarellmalerei verwendet man ein feines Pulver (Staub-, Wiesen- oder Wassergrün), für Oelmalerei ein körniges Pulver (Oelgrün); als Leimfarbe ist Berggrün weniger brauchbar.

2. **Berlinergrün**. Man erhält es durch Versetzung von schwefelsaurem Kobaltoxydul mit einer Lösung von gelbem Blutlaugensalz. Es ist in feuchtem Zustande hellgrün, getrocknet dunkelgrün und wird an der Luft allmälig röthlichgrau. Berliner-Grün ist daher eine schlechte Malerfarbe. Unter demselben Namen wird auch eine grüne Farbe verkauft, welche durch längere Behandlung von Berliner-Blau mit Ammoniak oder durch lang andauernde Einwirkung von Chlor auf gelbes Blutlaugensalz gewonnen wird.

3. **Braunschweiger-Grün**, ein wasserhaltiges, kohlensaures oder arsenigsaures Kupferoxyd mit Kreide, Gyps, Schwerspath oder Permanentweiss. Diese hellgrüne Farbe ist giftig, hat aber auf die Beschaffenheit der Zimmerluft keine schädliche Einwirkung. Sie deckt gut, ist ziemlich haltbar und wird als Wasser- und Oelfarbe verwendet. Für Oelmalereien empfiehlt sich eine Mischung von 3 Theilen Braunschweiger-Grün und 5 Theilen Bleiweiss. Das Braunschweiger-Grün ist anfänglich blass und mehr bläulich als grün, es wird aber mit der Zeit dunkler und schöner, indem sich ölsaures Kupferoxyd bildet. Es hält sich im Freien besser als in geschlossenen Räumen. Auf nasse Kalkwände kann dieser Farbstoff nicht gestrichen werden, weil die Farbe verschwindet.

4. **Bremer-Grün** (Englisch-, Französisch-, Magdeburger-Grün), Kupferoxydhydrat; es entsteht, wenn Bremer-Blau mit Oel angerieben wird. Diese schöne grüne Farbe kann Hitze nicht vertragen und auf Kalkwänden nicht angewendet werden; sie geht in schwarzbraunes Kupferoxyd über. Man benutzt das Bremer-Grün sonst in gleicher Weise wie Bremer-Blau (siehe daselbst).

5. **Chromgrün**. Man gewinnt es durch Glühen von chromsaurem Quecksilberoxydul (sehr zart und von dunkelgrüner Farbe) oder durch Glühen eines Gemenges von gleichen Bestandtheilen Kaliumdichromat und Schwefel (hellgrün) oder durch Glühen eines Gemenges von gleichen Bestandtheilen Kaliumdichromat und Salmiak oder Kohle (dunkelgrün bis fast schwarz) und Auslaugen, sowie Auswaschen des unlöslichen Rückstandes. Chromgrün ist vollkommen feuerbeständig und wird daher vorzugsweise zum Färben von Glasflüssen und zum Bemalen von Porzellan (unter der Glasur) verwendet, ferner auch, mit Thonerde vermischt, als Lackfarbe. Als Glasfarbe wird besonders smaragdgrünes Chromoxydhydrat (Mittler's, Pannetier's, Arnandon's oder Plessy's Grün) benutzt, das als schönstes Chromgrün gilt und als Ersatzmittel des Schweinfurter-Grün dient. Man erhält auch Chromgrün durch nass bereitete Mischungen von Chromgelb und Berliner-Blau, denen oft Schwerspath zugesetzt wird; solche Mischungen nennt man auch grünen Zinnober. Alle diese Farben sind giftig.

6. **Elsner's Grün**, aus einer Kupfervitriollösung mit Gelbholz-Leimwasser, salzsaurem Zinkoxydul, Kali- oder Natronlauge dargestellt und von bläulichgrüner Farbe, die durch einen grösseren Gelbholzzusatz gelblicher gemacht werden kann. Dieses Grün liefert eine ganz brauchbare, aber giftige Malerfarbe. Aehnlich ist das Zinnkupfergrün, ein zinnsaures Kupferoxyd, das auf verschiedene Weise bereitet wird und ebenfalls giftig ist.

7. **Grünerde** (Seladonit), aus etwa 50% Kieselsäure, ferner aus Eisenoxydul, etwas Thonerde, Magnesia, Kali und etwa 7% Wasser bestehend. Man unterscheidet: Veroneser-Grün, ein wasserhaltiges Eisensilicat mit einem bedeutenden Gehalt an Alkalien, von graulich-blaugrüner (seladongrüner) Farbe, ohne grosses Färbevermögen und von geringer Deckkraft, sehr leicht zerreiblich, ziemlich fest und dauerhaft, sowie in Oel gut trocknend, — französisches Grün (Steingrün oder Seladonit), eine sehr haltbare Oel-, Wasser- und Frescofarbe, — zyprische Erde, eine weiche, apfel- bis spangrüne Farbe, — sächsische, böhmische, polnische Grünerde von lauchgrüner und mattgrüner Farbe. Wenn man Grünerde vorsichtig glüht, so erhält man eine haltbare hellbraune Farbe von grosser Schönheit.

8. **Grünspan** (Spangrün), aus Kupferoxyd, Essigsäure und Wasser. Dieser Farbstoff wird auf verschiedene Weise dargestellt. Den destillirten, dunkelblaugrün krystallisirenden, in Wasser löslichen Grünspan benutzt man als Oel- und Aquarellfarbe, sowie zur Darstellung von Schweinfurter-Grün; den basischen, sogenannten englischen oder französischen, verwendet man als Malerfarbe, ferner in der Färberei, in der Kattundruckerei, zum Vergolden und zur Bereitung von anderen Kupferfarben. Grünspan ist sehr giftig. Er wird stets mit Bleiweiss vermischt, weil er allein zu wenig deckt, und mit Weinsteinrahm verbunden, wenn man ihn als Leimfarbe verwenden will.

9. **Kalkgrün** (Erdgrün, grüne Asche, natürliche grüne Kreide), eine dichte, grüne Kreideart, welche durch Glühen eine rothe Farbe erhält. Man stellt sie künstlich am einfachsten aus Kupfervitriol und saurer arsenigsaurer Kalkerde her oder aus Kupfervitriol und pulverisirtem Dolomit. Man verwendet sie als hellgrüne Malerfarbe. (Vergl. 11.)

10. **Kobaltgrün** (Zinkgrün, Gellert's oder Rinmann's Grün, Kobaltzinkoxyd), durch Behandlung von Kobalt mit Scheidewasser oder durch Glühen von 1—1 ½ Theilen reinem Kobaltoxydul mit 9—10 Theilen Zinkweiss gewonnen, haltbar, gut deckend und als Wasser-, Kalk- und Oelfarbe brauchbar. Durch Glühen von Thonerdehydrat mit Chromhydroxyd und kohlensaurem Kobaltoxydul oder aus salpetersaurem Kobaltoxydul mit Zinksalz, Pottasche und Soda erhält man ein anderes Zinkgrün, das den Namen Rinmann's

in feuchten Räumen Arsenwasserstoff, welcher der Gesundheit sehr schädlich ist. Schweinfurter-Grün giebt die prachtvollste grüne Kalk-, Oel- und Wasserfarbe und destillirt oder gereinigt ein ganz dunkles Grün. Als Oelfarbe besitzt Schweinfurter-Grün nur eine mässige Deckkraft. Es wird meistens mit Schwerspath, Gyps, Chromgelb, schwefelsaurem Bleioxyd u. s. w. vermischt, um verschiedene Nuancen zu erzielen, und führt dann die verschiedensten Namen (z. B. Kirchberger-, Kaiser-, Wiener-, Neu-, Original-, Englisch-, Patent-, Pariser-Grün u. s. w.). Erkennungszeichen: Es riecht nach Knoblauch, wenn es geglüht wird.

13. **Titangrün**, aus Titaneisen (Iserin), saurem schwefelsaurem Kali, Salzsäure, concentrirter Salmiaklösung und einer Blutlaugensalzlösung gewonnen. Diese Farbe ist von geringer Bedeutung.

14. **Ultramaringrün**; es entsteht bei der Darstellung von blauem Ultramarin (siehe daselbst) oder beim Vermischen von blauem Ultramarin und chromsaurem Bleioxyd. Ultramaringrün stellt ein glanzloses Pulver dar, das kalk- und lichtecht, wetterbeständig, giftfrei, gut deckend ist, sich angenehm vermischen und gut streichen lässt. Man verwendet es als Kalk-, Silicat- und Leimfarbe. Echtes Ultramaringrün behält beim Erhitzen seine Farbe, während unechtes (Kalkgrün u. s. w.) hierbei schnell zerstört wird und einen grauen oder rothbraunen Rückstand hinterlässt.

VI. Braune Farben.

1. **Asphalt** (siehe § 237). Der als Farbstoff zu verwendende Asphalt muss fest, brüchig und glänzend kohlschwarz sein, eine glatte Oberfläche und einen muscheligen Bruch besitzen. Für die Oelmalerei löst man Asphalt in Alkohol auf und schlägt den Farbstoff mit Wasser nieder. Als Wasserfarbe wird er mit Weingeist abgerieben. Asphalt lässt sich leicht auftragen, dringt aber nach dem Trocknen an die Oberfläche; deshalb kann Asphalt nicht zum Untermalen benutzt und mit anderen Farben vermischt werden. Man verwendet ihn vorzugsweise in der Oelmalerei als dunkelbraune Lasurfarbe, und zwar seiner vollkommenen Durchsichtigkeit wegen.

2. **Berliner-Braun** (Preussischbraun), aus Eisenoxyd und Kohlenstoffeisen bestehend. Es wird durch Glühen von Berliner- oder Pariser-Blau bei Luftzutritt oder durch Ausziehen des blauen Farbstoffes aus Berliner-Blau mittelst einer alkalischen Lauge dargestellt. Berliner-Braun ist durchsichtig, sehr wetterbeständig, als Wasser-, Kalk- und Oelfarbe gut verwendbar und trocknet schnell. Es besitzt den Uebelstand, dass man einen stets gleichen Farbenton nur sehr schwer erzielen kann.

3. **Braune Nelkenfarbe**, aus Zinn, Salpetersäure, chromsaurem Kali, Wasser, Kreide und Quarz bereitet. Wenig verwendet.

4. **Kobaltbraun**, durch Glühen von mit Ammoniakalaun und Eisenchlorid zusammengeriebenem Kobaltoxydhydrat gewonnen. Giebt eine dauerhafte, chocoladenfarbige bis reinbraune Malerfarbe.

5. **Kölner-Braun** (kölnische Erde, kölnische Umbra, Spanischbraun, Kasseler-Braun, Kesselbraun), fein zerreibliche, erdige Braunkohle aus der Umgegend von Köln und Kassel. Sie wird zerrieben und durch Schlämmen gereinigt, sowie in Tafeln oder Würfeln geformt. Wenn man die Erde in einem gut verschlossenen Tiegel bei verschiedenen Temperaturen glüht, so erhält man verschiedene braune Farbentöne und bei sehr starker Hitze

ein prächtiges Tiefbraun. Kölner-Braun hat eine geringe Deckkraft und wenig Haltbarkeit. In Ammoniak aufgelöst, dient es als Wasser-, Kalk- und Oelfarbe. Wird Kölner-Braun in starker Lauge mit concentrirter Zuckerauflösung versetzt, so erhält man den braunen Carmin, der mit wenig Wasser löslich ist. Mit Zusatz von Pottasche giebt Kölner-Braun eine gute braune Tuschsorte. Man benutzt Kölner-Braun auch zum Färben von Leder.

6. **Manganbraun** (Mineralbister, Wad), ein natürliches wasserhaltiges Manganoxyd (rothbraune Erde, Wad genannt), von hervorragender Deckkraft oder künstlich dargestellt, z. B. aus Chlorbereitungsrückständen (Chlormangan mit Kali und Natron u. s. w.). Man verwendet Manganbraun hauptsächlich als Oelfarbe.

7. **Umbra,** ein lederbraunes bis kastanienbraunes Mineral, das mit Eisen- oder Manganhydroxyd vermengte Thonerde darstellt. Sie wird künstlich aus Braunkohle und Aetzlauge oder aus Glanzruss, Seifensiederlauge und Eisenvitriol (Ulmin) bereitet. Die sehr feinerdige Umbra erhält nach dem Brennen eine lebhaftere und wärmere, röthlich-braune Farbe und die Eigenschaft, in Oel schnell zu trocknen. Umbra liefert eine sehr dauerhafte, aber nicht stark deckende, nussbaumholzfarbige Wasser-, Leim- und Oelfarbe; sie dient auch zur Herstellung von Firnissen, zum Färben, als Vergoldergrund, zum Braunbeizen von Holz u. s. w. und besitzt die Eigenschaft, begierig Wasser aufzusaugen. Deshalb benutzt man sie auch zum Probiren von Wasserfarben, um den Farbenton nach dem Trocknen des Anstriches festzustellen. Die beste Sorte kommt von Cypern und von der Levante in den Handel.

VII. Schwarze Farben.

1. **Antimonschwarz** (Eisenschwarz), ein fein vertheiltes metallisches, meistens aus Antimonsalzen durch Fällung mittelst Zink gewonnenes Antimon. Es dient zum Bronziren von Gypssachen, um ihnen das Aussehen von polirtem grauem Gusseisen zu geben.

2. **Graphit** (reiner Kohlenstoff), meistens mit etwas Eisen und häufig auch durch Kieselsäure, Kalk und andere Stoffe verunreinigt. Graphit liefert eine schöne, metallglänzende Farbe, die zum Schwärzen von eisernen Oefen

4. **Mineralschwarz** (schwarze Kreide, Schieferschwarz, Oelschwarz), eine feinerdige, mit Kohle innig gemengte, weiche Thonschiefermasse, welche fein pulverisirt und mit Gummiwasser zu Stängelchen geformt wird. Man benutzt diesen Farbstoff zum Zeichnen, aber auch in der Oelmalerei.

Mineralschwarz hält sich selbst auf Kalkwänden gut. Die besten Sorten kommen aus Italien, Spanien und Frankreich; auch Thüringen und die Umgegend von Osnabrück liefern gute Sorten. Mineralschwarz kann nur sehr schwer fein zerrieben werden. Es wird künstlich aus einem innigen Gemenge von Kienruss, Kreide und Thon mit Gummiwasser bereitet; diese Mischung führt den Namen Pariser-Kreide oder künstliche schwarze Kreide.

5. **Schwefelblei,** das zum Schwarzfärben von Holz und zu Eisenanstrichen dient. Man gewinnt es aus 100 Theilen Leinölfirniss, 15 Theilen Bleiglätte oder Mennige und $1^1/_2$ Theilen Schwefelblumen und macht es mit Terpentinöl flüssig.

§ 255. Pflanzen- und Saftfarben.

I. Weisse Farben.

Keine.

II. Gelbe Farben.

1. **Berberitzenwurzel** (Sauerdorn, Essigdorn, ungarisches Gelbholz). Aus den Aesten, Blättern und Wurzeln (vorzugsweise aus deren Bast) der Berberis wird mittelst Weingeist ein goldgelber Farbstoff (Berberin) ausgezogen, der weiter behandelt in der Färberei Verwendung findet.

2. **Cercisholz** vom Judas- oder Salatbaum Südeuropas oder vom Cercisbaum Canadiens; ein gelbes, grün- und schwarzgeadertes, zum Gelb- und Braunfärben benutztes Holz.

3. **Curcuma** (Gelbwurz, gelber Ingwer) von Ostindien, Java und Südchina liefert in seinen Wurzeln einen schönen, sich aber auf Zeugstoffen nicht haltenden, nicht ganz echten, gold- und orangegelben Farbstoff (Curcumin), der durch Abkochung der Wurzeln mit Wasser unter Zusatz von etwas Alaun gewonnen wird. Färbemittel für Zeuge, Papier, Leder u. s. w., hauptsächlich aber für Zuckerwerk, Liqueure, Spielwaren u. s. w.

4. **Gelbbeeren** (Avignonkörner, persische Beeren, Kreuzbeeren), die erbsengrossen Beeren des Färber-Kreuzdorns, des Stein-Kreuzdorns oder des persischen ölbaumblätterigen Wegdorns. Sie werden in unreifem Zustande getrocknet und ohne weitere Behandlung verwendet, oder es wird aus ihnen ein Farbextract oder Lack (Schüttgelb) bereitet. Man verwendet diesen intensiv gelben, aber nicht sehr echten Farbstoff (Rhamnatin) zum Färben von Garnen, Geweben, Leder, Papier u. s. w. Werden Gelbbeeren unter Zusatz von Zinnsolution abgekocht, so erhält man Gelbbeeren- oder Orangelack. Die farbreichsten Sorten kommen aus Persien.

5. **Gelbholz** (westindisches oder gelbes Brasilienholz, Cubaholz, alter Fustik), das Holz des Färbermaulbeerbaumes, der Bahama-Cäsalpinie, des westindischen Gelbholzbaumes oder des hohen Safranholzbaumes u. s. w. Die besten Sorten kommen in feinen Spänen von Cuba oder Haïti, dann von Portorico, San Domingo, Cartagena, Costa Rica,

Maracaïbo, Tabasco, Tampico, Corinto u. s. w. in den Handel. Aus Cubaholz wird ein dickflüssiger oder fester, dunkelolivgrüner Gelbholzextract oder ein reiner, hellolivgrüner Gelbholzlack (Cubalack) bereitet. Ungarisches Gelbholz (Fisettholz oder neues Fustikholz) ist das grüngelbe, braungestreifte, rindenfreie Kernholz des oberen Stammes des südeuropäischen Gerber- oder Perrückenbaumes, das einen eigenthümlichen Farbstoff (Maklurin) besitzt, der Morin oder Morin-Gerbsäure enthält und zum Färben von Wolle und Leder dient. Gelbholz ist ein geschätztes Färbemittel für Wolle und Seide, wird aber auch zur Bereitung von Lackfarben und Mischfarben verwendet. Es gehört zu den echten Farbstoffen.

6. **Ginster** (Färbeginster, gelbe Scharte, Färberscharte). Aus ihm (besonders aus seinen Blüthen und Zweigspitzen) gewinnt man einen gelben Farbstoff, der auch zur Bereitung von Schüttgelb benutzt wird.

7. **Gummigutti** (siehe § 251). Es löst sich in Alkohol bis zu $^4/_5$ auf und ist als Oelfarbe nicht brauchbar. Die gereinigte Sorte des Gummigutti wird unter dem Namen Indischgelb aus China bezogen und stellt im Wesentlichen euxanthinsaure Magnesia dar. Einen Gummiguttlack erhält man aus 500 *g* Gummigutti, 1·5 *kg* Alaun, 8 *kg* heissem Wasser, 500 *g* Salpetersäure und etwas Pottasche.

8. **Orlean**, aus dem rothen Mark der Früchte des amerikanischen, west- und ostindischen Orleanbaumes (*Bixa orellana*) gewonnen und einen gelben Farbstoff (Orellin), sowie einen rothen (Bixin) enthaltend. Sehr geschätzt ist der Cayenne-Orlean, weit weniger der brasilianische. Orlean ist in Weingeist, Aether, fetten Oelen und in Terpentin leichter als in Wasser löslich, giebt keine feste und nicht ganz echte Farbe, wird durch einen Zusatz von Laugensalz orangegelb und dient zum Färben von Seide, Leinwand, Firnissen, Papier u. s. w., zum Grundiren von Baumwolle und Wolle, sowie als Holzbeize. In neuerer Zeit ist Orlean durch die Theerfarbstoffe fast gänzlich verdrängt worden. Wird Orlean mit einer Sodalösung gekocht und sodann mit Alaun und Zinnsalz versetzt, so erhält man Orange- oder Orleanlack.

9. Quercitron (gelbes Eichenholz), die gemahlene Rinde der in

Karthamin als Farbstoffe enthalten. Das vollständig gereinigte Karthamin wird mit Saflorcarmin bezeichnet. Saflor liefert eine schöne, aber wenig haltbare (wenig echte) Farbe und wird zum Färben von baumwollenen und seidenen Stoffen, als Malerfarbe u. s. w. sowie als Ersatz für Safran verwendet. Die besten Sorten stammen aus Ungarn, Aegypten und Vorderindien; der ägyptische besitzt eine braunrothe Farbe. Karthamin färbt Baumwolle ungebeizt an, was nur sehr wenige Farbstoffe vermögen.

11. Safran, die getrockneten Blüthennarben der Safranpflanze. Dieselben werden mit Wasser zu einem Extract verdampft, und dieser wird mit Spiritus ausgekocht. Der Safran enthält 40—50% Farbstoff (Crocin oder Safrangelb) und besitzt eine bedeutende Färbekraft, denn 1 Theil Safran färbt 200000 Theile Wasser noch deutlich gelb. Da (nach Marquard's Berechnung) fast 120000 Blüthennarben zur Bereitung von 1 *kg* Safran nöthig sind, so ist dieser Farbstoff sehr theuer und wird deshalb vielfach mit Saflor verfälscht. Man verwendet ihn zum Gelb- und Rothfärben von Seide u. s. w., und nach Zusatz entsprechender Säuren zum Blau-, Lila- und Grünfärben, ausserdem als Küchengewürz, zum Gelbbeizen von Holz u. s. w. Als die besten Sorten gelten die österreichischen, französischen und spanischen. Die Ausfuhr erfolgt besonders aus Spanien und aus dem französischen Arrondissement Pithiviers (Gatinais). Mit dem Namen »falscher Safran« bezeichnet man Saflor. Echter Safran schwimmt auf dem Wasser und färbt sich mit concentrirter Schwefelsäure vorübergehend blau.

12. Schüttgelb (gelber Carmin), eine gelbe Lackfarbe, die man erhält, wenn man eine Abkochung von Gelbholz, Avignonkörnern, Kreuzbeeren, Quercitron, Birken- und Kastanienblättern, Wau, Curcuma u. s. w. mit Alaunlösung versetzt und auf feingeschlämmten weissen Thon oder Schlämmkreide giesst, diese nach einiger Zeit auswäscht und trocknet. Wird durch Kalk oder Leim die in der Abkochung vorhandene Gerbsäure ausgeschieden, so erhält man den sogenannten gelben Lack. Man verwendet das Schüttgelb hauptsächlich zum Anstreichen und Färben von Leder. (Vergl. 4 und 6.)

13. Sumach (Schmack, Rhus, Essigbaum). Das Holz und die Wurzel des Perrückensumach (Perrückenbaumes), welches unter der Bezeichnung Fisettholz oder ungarisches Gelbholz in den Handel kommt, liefern einen gelben oder rothgelben Farbstoff, der in der Färberei Verwendung findet. Die Blätter dieses Baumes, venetianischer Sumach genannt, dienen zum Gerben. — Die Blätter und Zweige des Gerbersumach oder Essigbaumes kommen gestossen als Sumach oder Schmack in den Handel und werden zum Gerben und Schwarzfärben, sowie in Spanien hauptsächlich zur Bereitung von Saffian- oder Corduanleder benutzt. — Der Saft des Firnisssumach wird von den Japanern zur Herstellung eines vorzüglichen Firnisses, der Samen zur Bereitung von Brennöl verwendet; der Saft des amerikanischen Firnisssumach dient zur Anfertigung eines guten, schwarzen Firnisses und die Beeren des chinesischen Sumach werden ebenfalls zur Firnissbereitung benutzt.

14. Wau (Färberwau, Gelbkraut, Färberreseda), ein gelber, Luteolin genannter Farbstoff vom Kraute, von den Stengeln und besonders von den Blüthenspitzen des Färberreseda (*Reseda luteola*). Das Wau dient zum Gelbfärben von Seide und Garn, ist aber durch das Quercitron sehr verdrängt worden. Man stellt aus einer mit Kupfervitriollösung versetzten und

mit Kalilauge gefärbten Abkochung des Wau einen gelben Waulack und durch Zusatz von Alaun und Schlämmkreide zur Kupfervitriollösung und Fällen mit Pottasche einen grünen Waulack dar.

III. Blaue Farben.

1. Beeren- oder Blüthenblau. Es wird aus dem Safte verschiedener Beeren (z. B. Heidelbeeren, Johannisbeeren, Ligusterbeeren, schwarzen Maulbeeren) mit einem Zusatz von etwas Weingeist, Alaun und Kupfervitriol gewonnen, oder aus zerquetschten blauen Weintraubenhülsen oder aus Blüthen (z. B. von Veilchen, Kornblumen, Rittersporn), die mit etwas Alaun versetzt werden, oder aus Wurzeln verschiedener Pflanzen (z. B. der Pimpernelle, des Ampfers) u. s. w. Die meisten blauen Pflanzenfarben (mit Ausnahme des Indigo) werden durch Alkalien grün, durch Säuren roth gefärbt. Man verwendet sie vorzugsweise in den Färbereien.

2. Blaupurpur, aus wasserfreiem, doppeltschwefelsaurem Natron, Indigo und Kochsalz dargestellt. Dieser in heissem Wasser leicht, in kaltem weniger leicht lösliche Farbstoff erscheint bei Licht roth. Er wird durch verschiedene Säuren, Chlor und Schwefelwasserstoff zersetzt. Man benutzt ihn zum Färben von Zeugstoffen.

3. Blutholz (Blauholz, Braunholz, Kampecheholzblau, Hämatoxylin, Hämateïn), das Holz des in Mittelamerika, Ostindien, auf den Antillen u. s. w. wachsenden Campeche- oder Blutholzbaumes (*Haematoxylon campechianum*), aus welchem ein anfangs rother, nach und nach aber blauschwarz werdender Farbstoff mittelst Wasser oder Weingeist ausgezogen wird (Hämatoxylin). Dieser ist in kaltem Wasser wenig, in heissem Wasser, Alkohol und Aether besser löslich, widersteht gut verdünnter Schwefelsäure und Salzsäure und verwandelt sich bei Einwirkung von Salpetersäure in Oxalsäure. In Alkalien löst er sich mit violettblauer Farbe; die geringste Spur von Ammoniak färbt ihn roth. Durch den Sauerstoff der Luft wird das Hämatoxylin nicht verändert. Die beste Sorte Campecheholz soll diejenige von der Westküste Yukatans sein, die unter dem Namen spanisches Blauholz zur Ausfuhr gelangt. Blutholz dient als Färbereimittel, in der Zeugdruckerei, zur Tintenfabrikation u. s. w., ist aber nicht ganz echt.

4. Indigo. Diesen sehr wichtigen Farbstoff erhält man aus dem in vielen Pflanzen (z. B. der Indigo- oder Anilpflanze, dem Waid u. s. w.) vorkommenden Indican durch einen Gährungsprocess unter Luftzutritt. Es liefert das Kraut der *Indigofera tinctoria* viel Indigo von mässiger Güte, das Kraut der *Indigofera Anil* wenig Indigo von besserer Beschaffenheit, die *Indigofera pseudotinctoria* den feinsten Indigo. Als die beste Sorte gilt der Bengalindigo (ostindische Indigo); gute Sorten gelangen von Java und Madras in den Handel; der westindische stammt aus Guatemala, Neugranada, Caracas u. s. w.; geringere Sorten liefert Afrika. Der durch Gährung gewonnene Indigo enthält nicht nur Indigblau, sondern auch Indigleim, Indigroth, Indigbraun, Mineralstoffe u. s. w. Das reine Indigblau gewinnt man durch vorsichtige Sublimation des Indigo, sowie auf nassem Wege durch Vermischen des Indigo mit Traubenzucker, Weingeist und concentrirter Natronlauge. Der Indigo besitzt durchschnittlich nur 40—60% reines Indigblau, hat eine dunkelblaue, purpurviolette Farbe, ist in Wasser, Alkohol, Aether, in verdünnten Säuren und Alkalien nicht löslich, dagegen in rauchender oder con-

centrirter Schwefelsäure löslich und wird durch Salpetersäure, Chlor und concentrirte Kalilauge zerstört. Bei Gegenwart von Alkalien wird er durch Eisenvitriol, Traubenzucker, Zinkstaub u. s. w. in leicht lösliches Indigweiss umgewandelt, das an der Luft sich wieder durch Sauerstoffaufnahme in Indigblau verwandelt. Auf dieser Eigenschaft beruht die Anwendung des Indigo in der Färberei, weil Indigo nicht unmittelbar auf die Faser übertragen werden kann. Da er in Wasser vollständig unlöslich ist und nicht unmittelbar von der Faser aufgenommen wird, so muss er erst in Indigweiss verwandelt werden.

Wird eine Lösung von Indigblau in concentrirter Schwefelsäure mit Wasser versetzt, so entsteht Indigblauschwefelsäure und Indigmonosulfosäure und, wenn man erstere mit Natriumcarbonat fällt, indigblauschwefelsaures Natron, das unter dem Namen Indigcarmin, blauer Carmin, Chemischblau, Wunderblau u. s. w. in den Handel kommt. Wenn man Indigo auf einem Blech erhitzt, so schmilzt er nicht, sondern entwickelt herrliche purpurrothe Dämpfe, welche sich zu einem krystallinischen Sublimat verdichten. Unter Indiglack versteht man eine Mischung von Indigolösung, Schwefelsäure, Alaun und Pottasche, unter Indigpurpur Purpurschwefelsäure (aus Indigopulver und concentrirter Schwefelsäure).

Die Güte des Indigo hängt von dem grösseren Gehalte an reinem Indigblau ab; die besten Sorten enthalten von diesem Farbstoffe 75—80%.— Indigo wird oft mit mineralischen Stoffen (Kalk, Sand, Erde) verfälscht; solche Verfälschungen erkennt man an dem Aschengehalt, wenn man Indigo verbrennt; bei gutem Indigo beträgt der Aschengehalt nur 8—10%.

Ist Indigo mit Stärke vermischt, so nimmt die durch Chlor entfärbte Indigolösung mit Jodkalium eine blaue Färbung an. Die leichtesten, tiefblau gefärbten, beim Reiben kupferroth erglänzenden Sorten gelten als die vorzüglichsten. Der Indigo zeichnet sich durch eine ausserordentliche Haltbarkeit, Echtheit und Schönheit aus und wird vorzugsweise zum Färben (von Elfenbein, Holz, Leder, Federn, künstlichen Blumen u. s. w.), ferner als Aquarellfarbe, zur Herstellung blauer Tinte, als Waschblau (mit Stärke vermischt) u. s. w. verwendet. Die Gesammtproduction der Erde beträgt jährlich ungefähr 8 Millionen Kilogramm.

5. Lackmus. Er wird aus verschiedenen Flechten (z. B. der Angola- oder Lackmusflechte) gewonnen, indem man dieselben fein mahlt, mit einem Zusatz von kohlensaurem Kalium und Ammoniak gähren lässt, mit Gyps, Kalk oder Kreide, unter Zusatz von Alaun, Pottasche und Urin verdickt, schliesslich siebt und trocknet. Lackmus ist sehr leicht, löst sich im Wasser zum grossen Theil, in Alkohol fast ganz, mit röthlichblauer Farbe auf, wird durch Säuren roth und dieser rothe Farbstoff durch Alkalien wieder blau gefärbt und dient deshalb zur Bereitung von dem in der Chemie viel benutzten Reagenzpapier (Lackmuspapier). Lackmus ist nicht haltbar, wird als Leimfarbe violett, als Oelfarbe schwarz, deckt nicht gut und dient hauptsächlich (mit Kalkwasser vermischt) zum Färben von Holz, ferner zur Bereitung von Lackmustinctur (für die Maassanalyse) und zum Blaufärben von Marmor. Er kommt in kleinen, viereckigen, dunkelblauen Täfelchen, die noch mit Kreide, Sand und Pflanzenüberresten verunreinigt sind, in den Handel. Eine wässerige Lackmuslösung hält sich in offenen Gefässen gut, in geschlossenen dagegen entfärbt sie sich bald. Aus dem Lackmus lässt sich durch Wasser

ein blauer Farbstoff, Azolitmin genannt, ausziehen, der zum Färben von Papier, Wäsche, Wein, Zuckerwaren u. s. w. Verwendung findet.

6. **Waid** (Färberwaid, deutscher Indigo), aus den Blättern der Waidpflanzen (z. B. *Isatis tinctoria*), die gesammelt, getrocknet, gemahlen und zu kleinen Kugeln geballt in den Handel kommen. Die Kugeln werden in Wannen mit Wasser übergossen und zur Gährung gebracht, indem man sie bei einer Temperatur von 15—20° *C.* etwa 20 Stunden lang ruhig liegen lässt. Hierauf wird die Flüssigkeit abgezogen, sodann durch Kalkwasser der Farbstoff abgeschieden, der sich als gelbe Masse niederschlägt, und dieser mit Salzsäure behandelt. Man erhält dadurch einen blauen Farbstoff; derselbe wird in hölzernen Formen bei einer Temperatur von 60—80° *C.* getrocknet. Der beste Waid stammt aus Frankreich (aus Alby und Toulouse); er wird Pastel genannt. Dieser Waid enthält einen schönen blauen und grünen Farbstoff, dessen Färbekraft sich mit zunehmendem Alter vermehrt. Ihm folgt der belgische und der thüringische; weniger gute Sorten liefern Ungarn und Böhmen.

Im 17. Jahrhundert soll Waid in mehr als 300 Städten und Dörfern (Waidstädten genannt) des Thüringer Landes angebaut gewesen sein. Er wurde vor Einführung des Indigo sehr viel zum Blaufärben benutzt, ist aber jetzt durch jenen Farbstoff stark verdrängt worden. Waid giebt mit Indigo vermischt einen schöneren Farbstoff als Indigo allein. Er gehört zu den echten Farben.

IV. Rothe Farben.

1. **Alkanna** (Orcanette, Schminkwurzel, Lawsonia), die dunkelviolette bis braunrothe Rinde der Wurzel von der in Kleinasien, Südeuropa und Ungarn wachsenden *Alcanna tinctoria* oder die gepulverten Blätter der im Orient und Nordafrika, auch in Westindien heimischen *Lawsonia inermis* (der Aegyptischen Weide, Henna, Kopher). Der aus diesen Pflanzenstoffen gewonnene Farbstoff (Anchusin und Alkannaroth) dient zum Rothfärben von Holzpolituren, Oelen, Tincturen, Salben u. s. w., auch zur Bereitung von Lackfirniss und Schminke und wurde in früheren Zeiten viel

färberei viel verwendete, aber nicht ganz echte Farbe, ferner ein gut zu polirendes Nutzholz und dient zur Herstellung rother Lackfarben (wie z. B. Wienerlack, Purpurlack u. s. w.).

3. Chayaver oder Ghé, ein aus den Wurzeln der auf Java und an der Koromandelküste wachsenden Oldenlandie gewonnener schöner und haltbarer rother Farbstoff.

4. Chicaroth, aus den Blättern der *Bignonia chica.* Unwichtiger Farbstoff.

5. Drachenblut, siehe § 251, *k.*

6. Harmalaroth, aus dem pulverisirten Samen der Steppenraute; im Lichte wenig beständig und daher ohne Bedeutung.

7. Krapp (Färberröthe), aus der gepulverten Wurzel der Färberröthe Süddeutschlands, Frankreichs, Italiens, Spaniens, der Türkei, Ostindiens u. s. w. gewonnen, die hauptsächlich zwei rothe Farbstoffe (Alizarin oder Krapproth und Krapppurpur), einen gelben (Krappgelb) und einen braunen (Krappbraun), enthält. Die äussere Rinde der Wurzel giebt zerrieben eine schlechte rothe Farbe, Mullkrapp oder Staubroth. Die getrocknete Wurzel wird fein gemahlen und liefert ein rothgelbes, eigenthümlich riechendes Pulver. Man nennt den Krapp geschälten (oder beraubten, holländischen), wenn man die Rinde der Wurzel vor dem Pulverisiren beseitigt hat, und ungeschälten (unberaubten), wenn die Wurzel mit ihrer Rinde gemahlen wurde. Als bester Krapp gilt der levantinische (Alizari oder Lizari) von Smyrna und Cypern, auch von Bäumen, die in der Levante und Provence cultivirt worden sind. Der avignoner Krapp vom Elsass und von der Provence kommt in drei Sorten in den Handel, nämlich als Paulus, ein Krapp von grosser Haltbarkeit, Jaune, ein gelblicher und wenig dauerhafter Krapp, und Rosé, welchen man allein nicht verwenden, sondern nur anderen Farben zur Nüancirung hinzusetzen kann. Ferner unterscheidet man holländischen Krapp mit orange- bis braunrother Farbe, elsasser mit rothbrauner bis lebhaft gelber Farbe, schlesischen, pfälzer, ungarischen u. s. w. mit matten Farben und geringwerthiger. — Der aus den Wurzeln gezogene Krapp ist anfangs gelblich und wird erst allmälig an der Luft roth; eine Ammoniaksäure färbt ihn purpur. Aus Krapp stellt man verschiedene andere Pigmente her, von denen als die wichtigsten die folgenden genannt werden mögen:

a) Krappblumen, die man durch Auswaschen und Gährenlassen des gemahlenen Krapp erhält.

b) Azale, durch Ausziehen von Krappblumen mit siedendem Holzgeist sowie Filtriren und Fällen der Lösung mit destillirtem Wasser gewonnen. Man nennt diesen Farbstoff auch unreines Alizarin.

c) Garanzin (Krappkohle). Man erhält diesen Farbstoff durch Erhitzen von feingemahlenem, mit Wasser befeuchtetem Krapp, der mit $^1/_2$ Theil concentrirter Schwefelsäure behufs Zerstörung der für die Färberei unwichtigen Bestandtheile versetzt wird, durch Beseitigung aller Säuren durch Wasser und durch Trocknen. Garanzin besitzt ein 3—4 mal grösseres Färbevermögen als Krapp.

d) Kolorin, eine weingeistige und durch Verdampfen getrocknete Lösung von Garanzin, die hauptsächlich nur Alizarin, Purpurin und etwas Fett enthält.

e) Garanceux, aus den noch nicht erschöpften Rückständen des einmal benutzten Krapp oder Garanzin mit Schwefelsäure bereitet.

f) Krapplacke, Verbindungen von Alizarin und Purpurin mit basischen Thonerdesalzen. Sie werden z. B. dadurch gewonnen, dass man Krapp so lange mit Wasser auswäscht, bis letzteres nicht mehr gelb gefärbt wird, dann den gewaschenen Krapp mit Alaunwasser in der Wärme auszieht und diesen Auszug mit Borax fällt. Die Krapplacke stellen unschädliche, rosenrothe Aquarell- und Oelfarben dar, deren Feuer noch durch einen Zusatz von Zinnsalz erhöht werden kann. Die beste Sorte wird Krappcarmin genannt.

g) Grünes und gelbes Alizarin, aus Krapp und schwefliger Säure gewonnen.

Die Krappfarben besitzen eine grosse Haltbarkeit und liefern sehr schöne und lebhafte Anstrichfarben, wenn man sie mit Alaun, Weinstein, Zinnsalz, Eisen u. s. w. beizt. Im Uebrigen dient Krapp zum Färben und Bedrucken wollener und baumwollener Stoffe, und zwar hauptsächlich zum sogenannten Türkischrothfärben. Krapp gehört zu den echten Farbstoffen.

8. Orseille (Persio, Kudbear). Dieser Farbstoff wird gewonnen aus verschiedenen gemahlenen und mit Urin, Ammoniak, Gaswasser oder Kalk übergossenen, nach einiger Zeit mit Kalk versetzten und zur Gährung gebrachten Flechten (von Teneriffa, den kanarischen Inseln, dem Cap der guten Hoffnung, den Pyrenäen, von Untercalifornien, Lima, Valparaiso u. s. w.). Orseille ist ein violettrother, schöner, aber wenig dauerhafter Farbstoff, welcher hauptsächlich zum Färben von Wolle und Seide benutzt wird, aber durch Anilin verdrängt worden ist. Orseille kommt gewöhnlich in Teigform in den Handel, aber auch in fast derselben Zusammensetzung als röthlichviolettes Pulver, das im gereinigten Zustande den Namen Persio oder Kudbear (rother Indigo) führt und hauptsächlich von Lecanora-Arten gewonnen wird. Unter Orseillecarmin oder Orseillepurpur versteht man gereinigte Orseille, die dadurch erhalten wird, dass man den Farbstoff schnell mit verdünntem Ammoniak aus den Flechten auszieht, den Extract mit Salzsäure fällt, den Niederschlag in Ammoniak auflöst, die Lösung bis zur Annahme einer kirschrothen Farbe der Luft aussetzt, dann bis zum Sieden erhitzt, noch einige Zeit bis zur Annahme einer Purpurfarbe bei einer Temperatur von 70—75° *C.* warm hält und endlich mit Chlorkalium und Alaun fällt.

Wird eine wässerige Orseillelösung verdampft, so erhält man Orseilleextract. Derselbe findet namentlich in der Wolldruckerei Verwendung. Man benutzt die Orseille auch zum Mischen mit anderen Pigmenten behufs Erzielung brauner Farbentöne.

9. Saflorroth, von den Blüthen der Saflorpflanze gewonnen und ein dunkelrothes, nach dem Trocknen metallisch glänzendes Pulver darstellend, das sich in Alkohol und Alkalien mit schöner rother Farbe löst. Saflorroth ist sehr wenig haltbar. Man kann seine Farbenpracht und Haltbarkeit dadurch erhöhen, dass man es mit Alaun und Weingeist abkocht. Diese Abkochung wird durchgeseiht und eingedickt. (Vergl. Saflor). Man verwendet Saflorroth hauptsächlich zur Anfertigung rother Schminke.

10. Rothe Saftfarben erhält man aus dem Safte der Päonien und Mohnblüten, der Heidelbeeren, Hollunderbeeren, Ligusterbeeren, Kermesbeeren u. s. w. Man benutzt sie vorzugsweise in den Färbereien.

11. Rothes Sandelholz (Santelholz, Kaliaturholz) vom *Pterocarpus santalimus*, der in Ostindien, Ceylon und an der Koromandelküste heimisch ist und einen harzartigen Farbstoff, Santalin, in einer Menge von 14—16% enthält.

Diesen Farbstoff kann man aus dem Sandelholz nicht durch Wasser (auch nicht durch heisses), sondern nur durch Weingeist und Alkalien ausziehen, aus denen derselbe durch Säuren gefällt wird. Santalin wird zum Färben von Wolle (seltener Baumwolle), zu Lack, Leder, Möbelpolitur u. s. w. benutzt. Sandelholz kommt in grossen, aussen schwarzbräunlichen, langgespaltenen Stücken von 50 und mehr Kilogramm Gewicht in den Handel und zeigt geraspelt oder gemahlen eine lebhaft rothe Farbe. Caliaturholz ist eine hellere und theurere Sorte des Sandelholzes.

V. Grüne Farben.

1. Chinesisches Grün (chinesischer oder grüner Indigo, Lokao), ein aus den Beeren des grün färbenden Wegdornstrauches (*Rhamnus chlorophorus*) und des *Rhamnus utilis* Chinas durch einen Gährungsprocess erzeugter, sehr haltbarer, auch bei künstlichem Licht rein grün erscheinender, in Wasser etwas löslicher, in Alkohol und Aether unlöslicher, echter Farbstoff, der in der Zeugdruckerei, Wollen- und Seidenfärberei Verwendung findet, jedoch durch grüne Theerfarbstoffe in neuerer Zeit ersetzt worden ist. Das chinesische Grün wird durch Salpetersäure zerstört, durch Salzsäure gelöst und in dieser Lösung durch Schwefelwasserstoff beseitigt, durch Alkalien jedoch wieder hergestellt. Die Lösung wird durch Chlorkalk gelb, dann blau, hierauf violett und endlich rosa gefärbt. Das chinesische Grün wird auf verschiedene Weise verfälscht. Unechtes chinesisches Grün wird z. B. aus der gemeinen Brennessel gewonnen, ferner aus den Stengeln und Blättern der Schafgarbe, der Schlüsselblumen, des Labkrautes, aus einer mit alkalischen Flüssigkeiten versetzten und einige Zeit der Luft ausgesetzten Abkochung von gelblichen Kaffeebohnen, aus der Rinde des Kreuzdorns, die mit Kalkwasser gelöst und mit kohlensaurem Kali gefällt wird, u. s. w. (Siehe Gottgetreu, »Baumaterialien«, 1881, Bd. II, S. 470.)

2. Pflanzengrün (Chlorophyll), ein Farbstoff der grünen, krautartigen Pflanzentheile, welcher sich in den Zellen ungelöst auf kleinen Körnern (Chlorophyllkörnern) aus Proteïnstoff ablagert und meistens aus frischem Gras, zarten, starkgrünen Pflanzen und Algen in der Weise ausgezogen wird, dass man diese Pflanzenstoffe mit Alkohol oder Aether behandelt. Man erhält dadurch eine schöne, bei durchfallendem Licht tiefgrüne, bei auffallendem Licht dunkelroth erscheinende Lösung. Aus dieser scheiden sich Flocken aus, die getrocknet eine dunkelgrüne, erdige Masse bilden. Pflanzengrün ist in Wasser nicht löslich, in Alkohol, Aether, Alkalien, Säuren und Oelen dagegen löslich und lässt sich scheinbar in einen blaugrünen und gelben Farbstoff zerlegen; denn dass das Pflanzengrün aus diesen beiden Farbstoffen zusammengesetzt ist, konnte bislang nicht bestätigt werden. Man benutzt das Pflanzengrün zur Gewinnung einer Lackfarbe, indem man es in Weingeist auflöst und diese Lösung mit essigsaurer Alaunerde oder alkalihaltigem Alaun versetzt.

3. Saftgrün (Seegrün, Blasengrün, Beerengrün, Laubgrün, Chemischgrün), eine aus zerquetschten unreifen Kreuzdornbeeren unter Zusatz von Alaun und Pottasche durch einen Gährungsprocess gewonnene,

dicke, harte und dichte, leicht lösliche, dunkelgrüne Farbe, welche zum Malen, zum Färben von Stoffen (besonders von Leder), zum Bedrucken von Tapeten und Papier, zur Bereitung von grüner Tinte u. s. w. verwendet wird.

VI. Braune Farben.

1. **Bister** (Russbraun, Röstbraun, Chemischbraun, brauner Lack, Sod), eine aus geschlämmtem Holzruss (am besten Buchenholzruss) oder pulverisirtem und fein gesiebtem Glanzruss mit Wasser und feinem Gummi arabicum oder Lakritzensaft bereitete, dunkelbraune, durchsichtige Farbe für Wasser- und Oelmalerei.

2. **Saftbraun**, gewonnen durch Auskochen von eingedicktem Süssholzsaft, Kaffee-Extract und Tabaksaft oder aus einer Abkochung von grobgestossener Rinde des Rosskastanienbaumes, die durchgeseiht, mit Gummi arabicum versetzt und eingedickt wird, oder durch Auskochen des Kernholzes der südasiatischen *Acacia catechu* oder der Blätter und jüngeren Triebe von *Uncaria Gambir* von Hinterindien, Borneo und Ceylon u. s. w. Letzterer Farbstoff führt den Namen Katechu und besteht hauptsächlich aus Katechin; er ist in Wasser und Alkohol zum grössten Theil löslich, enthält 40—50% Gerbsäure und wird in der Gerberei und Färberei, auch in der Zeugdruckerei sehr viel verwendet, weil er zu den echten Farbstoffen gehört. Die beste Sorte ist das Pegu-Katechu, dann folgt Bombay-Katechu von rothbrauner Farbe, und endlich das Bengal-Katechu von chokoladenbrauner Farbe. Gelbes Katechu (*terra japonica*) kommt von Singapore in den Handel und dient zum Gerben. Die übrigen braunen Saftfarben werden hauptsächlich als Wasserfarben benutzt.

VII. Schwarze Farben.

1. **Chinesische Tusche**, aus dem Russ von mehreren Pflanzen (z. B. von Fichtenholz, dem die Harzbestandtheile entzogen worden sind, von Reisstroh, Korkkohle, Pfirsichkernen, Sepienkohle) und Oelen (z. B. Sesamöl) mit bestem thierischen Leim, Kampher, Moschus, Zibeth und anderen wohlriechenden

sein. Ist es zu schwach geglüht worden, so zeigt es einen deutlichen Stich ins Braune, auch erhält man einen bräunlichen Ton, wenn man Weinbeeren oder Weinhefe vor dem Glühen mit Knochen vermischt. Man benutzt Frankfurter-Schwarz als Zusatz zur Kupfer- und Buchdruckerschwärze (mit Leinölfirniss angerieben), als Wasser-, Leim- und Oelfarbe, in der Wachstuchfabrikation u. s. w. Wird es auf Kalkgrund aufgetragen oder mit Kalk vermengt, so hat es — besonders im Freien — nur eine geringe Haltbarkeit. Eine ähnliche Farbe erhält man durch Verkohlung von Korkabfällen, Kaffeerückständen, Walnussschalen u. s. w., welche unter der Bezeichnung Spanischschwarz oder Kern-, Kork- und Kaffeeschwarz verkauft wird.

3. **Russ**, fein vertheilter Kohlenstoff, der bei unvollkommener Verbrennung organischer Körper im Rauche entweicht und sich an kältere Körper entweder als zarter lockerer Anflug (Flatterruss) oder als braun- oder schwarzglänzende Masse (Glanzruss) ansetzt. Den feinsten Russ liefern feine Oele (z. B. Terpentinöl, Harzgasöl, Sesamöl, Kampher u. s. w.), welche in einer besonders für diesen Zweck construirten Lampe verbrannt und auf Metallplatten aufgefangen werden. Verbrannte Harze und harzreiche Hölzer geben Kienruss, der durch Glühen in gusseisernen Cylindern gereinigt (feiner und schwärzer) wird. Der dunkle, tiefschwarze und unzerstörbare Kienruss enthält nur wenig Theerbestandtheile und wird als Deckfarbe, sowie zur Bereitung von Buchdruckerschwärze, Schuhwichse u. s. w. verwendet. Aus Glanzruss stellt man Russbraun (Bister) her, aus Lampenruss chinesische Tusche (siehe daselbst), aus Birkenruss eine braunschwarze Farbe. Zur Entfernung der stets vorhandenen Brandharze wird der Russ mit Spiritus angefeuchtet und unter Luftabschluss geglüht. Man benützt auch Russ aus Torf, Braun- und Steinkohle oder gewinnt ihn durch Verbrennung von thierischen Körpern; ersterer enthält Arsenik, letzterer Salmiak und Ammoniumverbindungen.

§ 256. Thierische Farbstoffe.

I. Weisse Farben.

Keine.

II. Gelbe Farben.

Keine.

III. Blaue Farben.

Keine.

IV. Rothe Farben.

1. **Carmin**, der an Thonerde gebundene rothe Farbstoff aus der Cochenille- oder Scharlachschildlaus (Neapel-, Cactusschildlaus), welche auf der Nopalpflanze Mexikos, Mittelamerikas, Algiers und des Cap der guten Hoffnung lebt. Etwa 140.000 Thierchen liefern 1 *kg* Cochenille, die aus Carminsäure und etwas Thonerde nebst Kalk besteht. Aus 100 Theilen Cochenille erhält man 3—4 Theile feinsten Carmin. Zur Bereitung des Carmin wird 1 Theil Cochenille mit 10 Theilen Regenwasser 10—15 Minuten lang und hierauf noch mit $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ Theil Alaun gekocht, die Flüssigkeit durch ein Tuch geseiht und auf flachen Schüsseln der Einwirkung der Luft und der unmittelbaren Bestrahlung der Sonne ausgesetzt. Die sich hierbei bildenden tiefrothen Flocken werden von der Flüssigkeit durch Zusatz von Eiweiss oder Hausenblase getrennt und weiter der Luft und Sonne ausgesetzt, wodurch ein weniger

lebhafter Carmin erhalten wird. Der eiweisshaltige Carmin ist etwas körnig und schwer zerreiblich, der mit Hausenblase gewonnene sehr leicht zertheilbar. Der Carmin nimmt eine helle Scharlachfarbe an, wenn man der Cochenillelösung etwas Kleesalz oder Weinsäure hinzusetzt, und eine Purpurfarbe, wenn man einen Theil des Alaun durch Zinnsalz ersetzt. Einen schönen Carmin erhält man auch aus einer mit Salpeter und Kleesalz versetzten Cochenilleabkochung, deren Bodensatz man im Schatten trocknet. Je mehr Thonerde der Carmin enthält, desto geringwerthiger ist er; die beste Sorte führt den Namen Nakaratcarmin.

Wenn man geringe Mengen Carmin vorsichtig erhitzt, so erhält man den dunkelpurpurrothen bis violetten, sehr haltbaren Carminlack (Münchener, Florentiner, Wiener oder Pariser Lack), der zu Oel-, Wasser- und Leimfarben, in der Stein- und Buchdruckerei, zum Lasiren in der Decorationsmalerei u. s. w. verwendet wird. Damit derselbe schneller trocknet, wird ihm Bleiweiss zugesetzt; hierdurch bekommt er jedoch einen Stich ins Bläuliche, den man durch Zusatz von Gelb wieder beseitigen kann. Der feinste Lack wird erhalten, wenn man 2 Theile Cochenille mit 1 Theil Weinstein und 20 Theilen Wasser kocht, die Flüssigkeit durch ein Tuch seiht, 30 Theile Alaun und etwas Zinnsalz hinzufügt und die Masse erkalten lässt; hierbei scheidet sich der Lack aus. — Wird eine Cochenillelösung mit einer mit Essig angesäuerten Bleizuckerlösung niedergeschlagen, so erhält man Carminviolett.

Die Carminfarben sind in Wasser unlöslich, in Ammoniak jedoch löslich. Ihres hohen Preises wegen werden sie nur noch sehr wenig in der Färberei verwendet; man benutzt sie vorzugsweise in der Malerei und besonders zum Anlegen technischer Zeichnungen (z. B. zu Schnitten von Backsteinmauerwerk), auch zur Bereitung von rother Tinte.

2. Kermes (Kermeskörner, Scharlachkörner, unechte Cochenille), die getrockneten trächtigen Weibchen der auf der Kermes- oder Scharlacheiche Südeuropas und des Orients lebenden Kermesschildlaus. Diese Thierchen schwellen, mit Eiern angefüllt, stark an und sehen dann rothen Beeren täuschend ähnlich. Sie enthalten eine bräunlich-dunkelrothe Masse und geben zerrieben ein carmoisinrothes Pulver. Der wässerige Auszug wird durch Alkalien violett, durch Säuren gelbbraun, durch Alaun dunkelroth, mit Zinnsalz scharlachroth, durch Eisenvitriol schwarz. Kermes ist von demselben Farbstoff wie Cochenille, besitzt aber ein etwa 12mal geringeres Färbevermögen. Man benutzt Kermes nur noch wenig zum Färben von Zeugstoffen (z. B. mit Krapp vermischt zum Färben der türkischen Fez) und zur Bereitung von Lackfarben, dagegen vielfach zum Färben von Likören, Conditorwaren, Pulvern, Tinkturen u. s. w. Nicht zu verwechseln sind mit diesem Farbstoff die Kermesbeeren (siehe daselbst).

Auch die polnische Schildlaus, welche an den Wurzeln einiger osteuropäischer Pflanzen sitzt, liefert eine rothe Farbe.

3. Lackdye (Färbelack, vergl. § 251), ein im ostindischen Lackharze (Stocklack, Gummilack) vorhandener rother Farbstoff, der durch Behandlung des Harzes mit Alkalien ausgezogen wird. Er bildet dunkelbraunschwarze, geruch- und geschmacklose Kuchen und stimmt im Grossen und Ganzen mit Cochenille überein. Wird der Farbstoff aus einer Abkochung des Gummilack mit sehr verdünnter Sodalösung abgeschieden und mit Alaun gefällt, so erhält

man einen rothen Niederschlag, der Lack-Lack genannt wird. Das Lackdye wird, gewöhnlich in Salzsäure gelöst, mit Zinnsalz in der Scharlachfärberei statt Cochenille benutzt. Auch der Lack-Lack dient als Ersatz der Cochenille.

4. Purpur. Dieser Farbstoff wird aus dem in den Schleimdrüsen der Purpurschnecke enthaltenen Saft unter Lichteinwirkung gewonnen oder aus der gepulverten Schnecke mittelst Alkohol und Aether ausgezogen. Der Purpur stellt eine prachtvolle, sehr haltbare, glänzende und violettrothe Farbe dar, die ohne Beize auf Faserstoffen haftet, Seifen und Säuren widersteht, jedoch durch Chlor zerstört wird. Er wurde im Alterthume und Mittelalter zum Färben von Stoffen und Garnen verwendet, ist aber jetzt durch Orseille und Theerfarbstoffe ganz verdrängt worden.

V. Grüne Farben.

Keine.

VI. Braune Farben.

1. Sepia, der braune Saft aus dem Tintenbeutel des Tintenfisches, welcher dem Thiere zur Vertheidigung und zum leichteren Entkommen dient. Um eine Fäulniss zu verhindern, wird dieser Saft schnell eingetrocknet. Man zerreibt den getrockneten Saft auf einer Glastafel zu Pulver, bereitet aus diesem mittelst starker Aetzlauge unter fortwährendem Umrühren einen Teig, kocht und filtrirt denselben, süsst seinen Rückstand aus, giesst das Aussüsswasser zu der anderen Brühe, vermischt es mit doppelt so viel Wasser und fügt so lange Schwefelsäure hinzu, als ein brauner Niederschlag erfolgt. Endlich wird die Flüssigkeit, nachdem die Masse etwa 24 Stunden lang ganz kalt gestanden hat, abgegossen, der Niederschlag bis zur Trockenheit eingedampft, mit Gummiwasser angemacht und diese Masse zu Täfelchen geformt. (Vergl. Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, 1881, Bd. I., S. 467/468.) Die Sepia liefert eine säurefeste Wasserfarbe von sehr angenehmem Ton, die sich von allen Aquarellfarben am klarsten und gleichmässigsten auftragen lässt. Sepiamalereien waren lange Zeit in der Mode. — Die Sepia wird nur in wenigen Orten Italiens echt bereitet und die in den Handel kommenden Sorten stellen meistens künstliche Sepia dar. Als beste Sorte gilt die römische Sepia.

2. Künstliche Sepia. Dieselbe wird durch Verkohlung von leicht entzündlichen Thier- und Pflanzenstoffen (z. B. von Wolle, Zucker, Gummi, ausgenutzter Gerberlohe u. s. w.) gewonnen. Von dem Grade der Erhitzung hängt der Farbenton ab. Künstliche Sepia dient, wie bemerkt, als Ersatz der echten Sepia.

VII. Schwarze Farben.

Beinschwarz (Beinkohle, Knochenkohle, Elfenbeinschwarz), durch Verkohlung von feingepulverten Knochen (namentlich Hammelknochen und Elfenbein) oder knochenähnlichen Stoffen bei möglichst vollständigem Luftabschluss gewonnen. Die Knochenkohle besitzt eine sammetschwarze, nicht glänzende Farbe und besteht aus Kohlenstoff mit etwas phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk. Sie vermag Flüssigkeiten sehr energisch zu entfärben und wird im Grossen in der Zuckerfabrikation zum Entfärben, Entkalken u. s. w. des Zuckersaftes verwendet. Man benutzt Knochenkohle auch zu ordinären Anstrichen, zur Bereitung von Schuhwichse und zur Herstellung

von schwarzen Lacken und Firnissen, indem man sie zu diesem Zwecke sehr fein mahlt, schlämmt und mit verdünnter Säure wäscht. Als Aquarellfarbe ist Knochenkohle weniger brauchbar, weil sie sehr wenig Deckkraft besitzt. Um sie als Oelfarbe zu verwenden, wird sie am besten mit einem leicht trocknenden Oel abgerieben, über Kohlenfeuer unter beständigem Umrühren erwärmt und dann erst mit Terpentin vermischt; eine auf diese Weise bereitete Oelfarbe trocknet schnell. Eine rein schwarze Farbe, die sich besonders für Kupferdruck eignet, erhält man durch Verkohlung von Blut.

§. 257. Theerfarbstoffe.

Die Theerfarbstoffe werden fast ausschliesslich aus Kohlenwasserstoffen des Steinkohlentheers gewonnen. Man theilt diese chemischen Farbstoffe ein:

1. Nach der chemischen Zusammensetzung (nach G. Schultz und P. Julius, »Tabellarische Uebersicht der künstlichen organischen Farbstoffe,« Berlin 1888) in: Nitroso- und Nitro-, Azo-, Azoxy- und Hydrazofarbstoffe; Di- und Triphenyl-, sowie Anthracenfarbstoffe; Indophenole und Oxazine; Thioninfarbstoffe; Eurhodine, Safranine, Induline und Nigrosine; künstlichen Indigo, Chinolin und Acridinfarbstoffe.

2. Nach den Ausgangsstoffen in: Benzol- und Anilinfarbstoffe, Phenol-, Kresol-, Naphtalin- und Anthracenfarbstoffe.

3. Nach der zweckmässigsten Verwendung in: Baumwoll-, Woll-, Seiden-, Leder- u. s. w. Farbstoffe.

Als die wichtigsten Theerfarben sind zu nennen:

Für roth: Fuchsin, Korallin, Eosin, Magdalaroth, Alizarin, Naphtalinroth, Ponceauroth, Purpurin, Echtroth.

Für orange: Alizarinorange, Orange.

Für braun: Phenyl- und Granatbraun, Anilinbraun, Bismarckbraun (Vesuvin).

Für gelb: Pikrinsäure, Echtgelb, Martiusgelb, Naphtalingelb, Anilingelb (Aurin).



Man benutzt die Theerfarbstoffe vorzugsweise zum Färben von Zeugstoffen, Holz, Papier, Leder, Spirituslacken u. s. w., zum Bedrucken von Zeug, zur Bereitung von Erdfarben, Buntstiften, Tinten u. s. w. Nicht geeignet sind sie zum Bemalen von Glas- und Thonwaren, weil sich die mit ihnen ausgeführten Malereien in der Hitze nicht halten.

Die Theerfarben sind zum Theil echt (wie z. B. das Alizarin und die braunen Farben), zum Theil halbecht und zum Theil unecht (wie z. B. die Azofarbstoffe und insbesondere deren Sulfosäuren).

Noch zu erwähnen sind folgende Farben, welche zwar nicht zu den Theerfarben gehören, jedoch der Hauptsache nach ebenfalls aus Steinkohlentheer dargestellt werden.

Theer-, Kohlen- oder Steinkohlenschwarz, aus 100 Gewichtstheilen Kalkhydrat, 80 Theilen Steinkohlentheer und 9 Theilen Alaun, durch Glühen des Gemenges bei Luftabschluss gewonnen.

Steinkohlenbraun, aus einer mit Wasser verdünnten Mischung von Orangeroth, das aus dem pechartigen Rückstand bei der Destillation von Steinkohlentheer dargestellt wird, und Schwefelsäure bereitet. Durch Einwirkung von Chrom- und Salpetersäure in der Wärme erhält diese Mischung eine kräftige braune Farbe.

Anstriche.*)

§ 258. Allgemeines.

Vor dem ersten Anstrich sind die Gegenstände gehörig auszutrocknen; auf feuchtem Holz oder feuchten Mauerflächen lässt sich ein dauerhafter Anstrich nicht erzielen. Würde man z. B. feuchtes Holzwerk mit einem Oelfarbenanstrich versehen, so würde derselbe aufblähen, sich abschälen und abblättern. Sodann müssen die Gegenstände vor der Grundirung auf das Sorgfältigste gereinigt werden; anhaftender Staub, Schmutz, Rost, Grünspan u. s. w. sind zu entfernen. Die Grundirung oder der erste Aufstrich bezweckt, die Oberfläche ebener zu gestalten, alle Fugen und Ritzen derselben zu schliessen und eine feste Verbindung der Oberfläche mit dem folgenden Anstrich herbeizuführen. Um dies zu erreichen, muss die zur Grundirung zu verwendende Anstrichmasse sehr dünnflüssig gewählt werden, damit sie in den anzustreichenden Gegenstand möglichst tief eindringt und alle Poren verschliesst. Nach dem Trocknen der Grundirung treten die Risse, Ritzen, Vertiefungen u. s. w. der Oberfläche sehr deutlich hervor. Soll eine möglichst glatte Fläche durch den Anstrich erzeugt werden, so müssen die Fehlstellen mit einem aus Leimwasser oder Leinölfirniss und Schlämmkreide oder Bleiweiss u. s. w. bereiteten Kitt mittelst eisernen Spachtels gut verstrichen werden und es muss die Fläche mit natürlichem oder künstlichem Bimsstein oder mit Schachtelhalm nass oder trocken abgeschliffen werden. Die geglättete

*) Benutzte Werke: »Handbuch der Baukunde«, Abth. I, Bd. I, S. 136. — »Handbuch der Architektur«, Bd. I, Th. II, 1896, S. 143—155. — Mothes, »Illustr. Baulexikon«, Bd. III, S. 470. — Lueger, »Lexikon der gesammten Technik«, 1895, Bd. I, Artikel: Anstreichen und Anstrich. — F. Spennrath, »Chemische und physikalische Untersuchungen der gebräuchlichsten Eisenanstriche«. (Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleisses, 1895, Heft VI.) — K. Eyth und F. S. Meyer, »Das Malerbuch«, Leipzig 1894. — »Deutsche Bauzeitung«, 1896, S. 245 ff. — Verschiedene andere Zeitschriften u. s. w.

Fläche wird sauber geputzt und nach gehöriger Austrocknung mit dem Farbanstrich, der etwas dickflüssiger als die Grundirungsmasse zu wählen ist, versehen.

Jeder folgende Anstrich soll erst nach vollständiger Trockenheit, bezw. Erhärtung des vorhergehenden — also frühestens nach etwa zwei Tagen — aufgetragen werden; befolgt man dies nicht, so wird — namentlich bei Oelfarbenanstrichen — ein weiteres Austrocknen des unteren Anstriches durch den hart und fest gewordenen oberen verhindert und es entsteht zwischen beiden eine Spannung, die sich bei Wärmeeinwirkung (z. B. durch Sonnenstrahlen) vergrössert, schliesslich Theile der Farbdecke vom Untergrunde ablöst und Blasen erzeugt. Auch sind vor dem Aufbringen des nächsten Anstriches alle Unreinigkeiten des vorhergehenden, wie z. B. Tropfen, Blasen u. s. w., durch Abschleifen der Fläche sorgfältig zu entfernen.

Geputzte Flächen im Inneren von Gebäuden werden zunächst mit Kalkmilch geschlämmt und hierauf mit Seifenlauge, der zweckmässig etwas Alaun oder Borsäure zugesetzt wird, überstrichen, um die ätzende (die Farbe zerstörende) Wirkung des Kalkes aufzuheben; alsdann erfolgt der Anstrich mit Farbe. Flecke in der Putzfläche, die von Nässe herrühren, müssen vor dem Anstrich durch Aufpinseln oder Aufreiben von kochend heissem Alaunwasser mit etwas Gyps entfernt werden.

Die Anstriche sind in langen Pinselstrichen aufzutragen und beim Kiefernholz stets in Richtung der Längsfasern auszuführen. Der Anstrich muss durchaus deckend, flecken- und streifenlos sein. In der Regel genügt zur vollständigen Deckung ein dreimaliger Anstrich. Bei Ausführung mehrerer Anstriche übereinander hat man zur Erzielung einer möglichst glatten Fläche die Pinselstriche sich kreuzen zu lassen oder sie mittelst Dachspinsels oder Borstenverreibers zu verwischen. Beim letzten Anstrich von Decken soll man den Pinsel stets senkrecht zur Frontwand führen, weil sonst die durch die Haare des Pinsels hervorgerufenen Linien in Folge der Schattenwirkung sichtbar werden.

Es ist (meist durch Gesetz) verboten, zu den Anstrichen von Fussböden, Decken, Wänden, Thüren, Fenstern u. s. w. in Wohn- und Geschäfts-

die der freien Luft ausgesetzt sind. Die Oelfarbe soll für die ersten Anstriche mit Terpentinöl flüssiger angerührt werden als für die folgenden. Für den letzten Anstrich muss die Oelfarbe so dickflüssig sein, dass sie nicht vom Pinsel abfliesst. Im Allgemeinen bedürfen Mineralfarben eines geringeren Terpentinzusatzes als Pflanzen- und Thierfarbstoffe.

Gemenge von Harzöl und Leinöl, ferner Leinöl-Surrogat oder Petroleum sind als Bindemittel nicht zu empfehlen, ebenso wenig beschwerende Beimengungen (Schwerspath, Gyps, Kreide u. s. w.) zu den Farbkörpern, weil sie auf die Deckkraft einen schädlichen Einfluss ausüben.

Durch Sauerstoffaufnahme (Oxydation) des Oeles erfolgt die Erhärtung des Anstriches und gleichzeitig eine Gewichtszunahme des Oeles um 13 bis 14 %. Da der Farbstoff ähnlich wie der Sand im Mörtel wirkt, so vermag sich die Luft mit allen Theilen des Leinöles zu verbinden. Setzt man einen getrockneten Oelfarbenanstrich längere Zeit der Einwirkung einer schwach-alkalischen Flüssigkeit aus (z. B. einer 1procentigen Sodalösung), so wird er aufgelöst und der zur Verwendung gekommene Farbstoff ohne jede Veränderung zurückerhalten.

Die Haltbarkeit eines Oelfarbenanstriches hängt ab:

1. von der örtlichen Lage des angestrichenen Gegenstandes (ob im Freien oder in geschlossenen Räumen, in reiner oder in verunreinigter Luft, u. s. w.);
2. von dem angewendeten Farbstoffe;
3. von dem Bindemittel (Leinöl oder Firniss).

Ueber die Widerstandsfähigkeit der Farbstoffe gegen die Einwirkungen der Atmosphärenluft, des Sonnenlichtes, gewisser Säuren und Gase u. s. w. ist in den vorhergehenden Paragraphen bei den einzelnen Farben das Wichtigste bereits mitgetheilt worden. Es erübrigt noch, die das verharzte Oel angreifenden, bezw. zerstörenden Einflüsse näher zu betrachten.

Enthält das Bindemittel Metalloxyde (Bleiglätte, borsaures Mangan u. s. w.), so gehen diese mit den eiweissartigen Schleimstoffen des Leinöles unlösliche Verbindungen ein, welche sich bei längerem Lagern des Oeles am Boden des Gefässes absetzen. Man wird daher ein so beschaffenes Oel ruhig stehen lassen müssen, bevor man es verwendet; dann oxydirt es schnell und wird rascher trocken.

Versuche von Spennrath haben ergeben, dass jeder Oelfarbenanstrich von verdünnter Salz- und Salpetersäure, von gasförmiger Salz-, Salpeter-, Essig- und schwefeliger Säure, von alkalischen Flüssigkeiten und Gasen, Ammoniak, Schwefelammonium und Sodalösung zerstört wird. (Zum Abbeizen alter Oelfarbenanstriche verwendet man daher mit Vortheil ätzende Alkalien, z. B. kaustische Natronlauge.)

Ferner wurde ermittelt, dass ein Oelfarbenanstrich leichter durch reines Wasser als durch Wasser mit Kochsalz, Salmiak und Chlormagnesium oder durch natürliches Seewasser, und durch heisses Wasser stärker als durch Wasser von gewöhnlicher Temperatur zerstört wird, dass dagegen verdünnte Schwefelsäure ihn nicht angreift. Die ausgelaugten Bestandtheile der Steinkohlenasche müssen wegen ihrer alkalischen Beschaffenheit daher den Oelfarbenanstrich anfressen, desgleichen die feine Asche, welche durch den Rauch aus den Schornsteinen mitgerissen wird und sich auf dem Anstrich ablagert.

In der Wärme wird der Anstrich specifisch leichter und verliert in Folge Zusammenziehung seine weiche, kautschukartige Beschaffenheit, er wird steif und spröde. Will man dies nach Möglichkeit verhüten und den Anstrich haltbarer machen, so empfiehlt es sich, der Oelfarbe eine Kautschuklösung in Stein- oder Terpentinöl hinzuzusetzen. Da die Unterlage, auf welcher der Anstrich haftet, eine Verkürzung der Farbdecke nicht zulässt, so entsteht in letzterer eine Spannung, die mit Zunahme und Dauer der Wärmeeinwirkung (besonders der durch Sonnenstrahlen hervorgerufenen) grösser wird und schliesslich in der Farbdecke feine Risse (sogenannte Luftrisse) erzeugt. Spennrath fand, dass ein mit Graphit hergestellter Oelfarbenanstrich bei Wärmeeinwirkung nicht so leicht steif und spröde wurde, wie z. B. ein Bleiweissanstrich, ein Zinkweiss- oder Mennigeanstrich, und dass letzterer schon bei einer geringen mechanischen Einwirkung sofort brach. Von diesen Farbstoffen hat Graphit das specifische Gewicht 2·3, Zinkweiss 5·42, Bleiweiss 6·43 und Mennige 9·07. Spennrath zieht hieraus den Schluss, dass von zwei Anstrichen derjenige der Wärmeeinwirkung kräftiger widersteht, dessen Farbstoff specifisch leichter ist.

Der auf einer im Freien befindlichen Eisenfläche aufgebrachte Oelfarbenanstrich lässt, wenn er, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, brüchig geworden ist, durch seine Risse den Regen eindringen, der auf der blossgelegten Metallfläche Rost erzeugt; durch diesen wird dann der Anstrich weiter zerstört.

Schon durch eine mässige Wärme wird die Oelfarbe gebräunt; Anstriche mit Zinkweiss, Bleiweiss oder schwefelsaurem Blei werden gelb, solche mit rother Mennige dunkler. Ist die Farbdecke bereits hart und spröde geworden, so schaden auch die mechanischen Einwirkungen der bewegten, mit Staubtheilchen geschwängerten Luft, des Schlagregens, Hagels und Schnees, indem Theilchen der Farbdecke abgelöst werden. Endlich werden bei Eisenanstrichen durch die bei stärkerer Erwärmung eintretenden Ausdehnungen des Metalles Risse und Sprünge in der Farbdecke erzeugt.

Beim Anstreichen empfiehlt Spennrath, besonders darauf zu achten,

Anstrich vorliegt, mit Dammarlack oder einem Gemenge von Dammarlack, Copallack und entsprechendem Farbstoff. Ein langsam trocknender Lack ist einem schnell trocknenden entschieden vorzuziehen, weil ersterer weniger leicht reisst und weniger Sprünge erhält. Ein Lacküberzug schützt gleichzeitig den Anstrich durch seine Härte. Es empfiehlt sich, vor dem Lackiren die Fläche zur Erzielung einer grösseren Glätte und Feinheit mittelst Bimsstein, Schachtelhalm, Sand- oder Glaspapier abzuschleifen. Einen äusserst feinen Anstrich erhält man, wenn man der Oelfarbe so viel Kreide zusetzt, dass eine teigartige Masse entsteht, diese Masse mit breitem Holzmesser (Spachtel) aufträgt, nach dem Trocknen mit Bimsstein u. s. w. trocken oder nass (mit Hilfe von Weingeist oder Terpentinöl) abschleift und dann lackirt.

Soll der Glanz des Oelfarbenanstriches vermindert werden, so setzt man der Oelfarbe etwas Terpentinöl hinzu. Nimmt man zu viel Terpentinöl, so bleiben nach dem Verflüchtigen desselben Theilchen der Farbdecke zurück, die durch einen Luftzug weggeblasen werden können.

Um das Austrocknen des Oeles in offenen Gefässen zu verhüten, bedeckt man die Oelfarbe mit einer Wasserschicht; das unter dem Wasser sich bildende Häutchen ist vor Verwendung der Oelfarbe zu entfernen.

Will man auf einen alten Anstrich einen neuen aufbringen, so empfiehlt es sich, die alte Farbdecke vorher mit Pottaschenlauge abzuwaschen. Das Reinigen eines Oelfarbenanstriches erfolgt in der Regel mit einer weichen Bürste und kaltem Seifenwasser; besser ist jedoch ein Abwaschen mittelst Schwamm und Regenwasser oder einer Abkochung von Panamarinde. Sind Fettflecke u. dergl. zu beseitigen, so muss man dem Wasser 1—4% flüssiges Ammoniak hinzusetzen. Einen alten Oelfarbenanstrich auf Holzwerk entfernt man vollständig mit einem Pflaster von grüner oder brauner Seife (Fassseife). Den lästigen Terpentingeruch beseitigt man am besten durch Zugluft unter Zuhilfenahme der Heizung; das Entweichen der Ausdünstungen des Oelfarbenanstriches soll man durch einen doppelten Anstrich mit Weingeistlackfirniss verhindern können. (Vergl. »Handbuch der Architektur«, a. a. O.)

Als Ersatz für Oelfarben dienen Harzölfarben; dieselben liefern aber einen weniger haltbaren Anstrich als Leinöl- oder Leinölfirnissfarben. Empfohlen wird auch ein Gemenge von 10 Theilen Kölner Leim, 15 Theilen Leinölfirniss, 2 Theilen Kaliumchromat, 100 Theilen Wasser und 100 bis 120 Theilen Farbstoff. (Vergl. auch § 264.)

Oelfarbenanstrich auf Metall. Damit die Oelfarbe auf der Metalloberfläche gut haften bleibt, empfiehlt es sich, die letztere vor der Grundirung durch Schleifen mit Sandpapier oder durch Beizen mit Säuren aufzurauhen, denn von polirter Metallfläche lässt sich angetrocknete Oelfarbe leicht mit einem Messer abschaben. Wendet man Säuren an, so muss man deren Reste zunächst mit Kalkwasser, dann mit reinem Wasser sorgfältig entfernen. Immer ist für eine gründliche Reinigung der Metalloberfläche von anhaftendem Rost oder Grünspan zu sorgen, die am besten mittelst Drahtbürsten oder unter Benutzung von Säuren bewirkt wird. Die Grundirung erfolgt, wie bemerkt, am besten mit Bleimennige, zu den weiteren Anstrichen benutzt man vortheilhaft als Farbkörper Graphit. Ist das Metall der Einwirkung feuchter Luft ausgesetzt (wie z. B. in Gewächshäusern), so wählt man statt eines Oelfarbenanstriches besser einen Ueberzug mit einer Lösung von Schellack in Spiritus oder mit Lackfirniss (vergl. § 266) oder mit Leinölfirniss und Harzlösungen.

Beschlagtheile aus Messing oder Bronze, desgleichen Kronleuchter, Candelaber u. s. w. aus diesen Metalllegierungen erhalten zum Schutze gegen Oxydation zweckmässig einen Mastixlack-Ueberzug, durch welchen der Glanz nicht vermindert wird.

Oelfarbenanstrich auf Glas. Zum besseren Anhaften der Oelfarbe empfiehlt es sich, die Glasfläche durch Aetzen mit Flusssäure oder durch Behandlung mittelst Sandstrahlgebläse etwas rauher zu gestalten.

Oelfarbenanstrich auf Holz. Nach dem Verkitten aller Risse und Fugen, dem Ueberziehen aller Astknoten mit einer Lösung von Schellack in Spiritus und dem Abschleifen der dadurch entstandenen Unebenheiten mit Bimsstein u. s. w. wird das Holzwerk, welches vollständig trocken und von allen Unreinigkeiten befreit sein muss, gewöhnlich mit einer Mischung von 1 Theil Leinölfirniss, 2 Theilen Leinöl und Farbstoff (für helle Anstriche Blei- oder Zinkweiss, für dunkle Ocker) grundirt. (Eine Tränkung des Holzes mit reinem Leinöl [ohne Farbzusatz] hält Spennrath für schlecht, während Andere sie empfehlen.) Die Grundirung ist mit einem steifen Pinsel und so aufzutragen, dass der Anstrich überall in das Holz eindringt. Nach dem Trocknen dieses Anstriches sind alle Schrauben, Nagelköpfe u. s. w. sauber und sorgfältig einzukitten und eiserne Beschläge von Schmutz und Rost zu reinigen, sowie mit Mennigfarbe zu grundiren. Die folgenden Anstriche werden mit einem Gemenge aus 1 Theil Firniss, 2 Theilen rohem Leinöl, etwa 60% Zinkweiss (oder auch Bleiweiss) und bis zu 25% Erdfarben ausgeführt.

Soll die Naturfarbe des Holzes sichtbar bleiben, so wird die Fläche am besten mit heissem Leinöl oder Leinölfirniss ohne jeden Farbzusatz getränkt und dann mit Copal- oder Bernsteinlack, mit oder ohne Lasurfarbenbeimengung, ein- bis zweimal überzogen. Im Freien sind derartige Anstriche nicht anwendbar, dagegen werden sie bei neuen Holzfussböden vielfach ausgeführt. Alte Fussböden pflegt man zunächst mit Firniss zu überziehen, dann mit Erdfarben deckend anzustreichen und schliesslich 1—2 mal zu lackiren.

Zur Nachahmung der Maserung edler Hölzer wird die Holzfläche in gewöhnlicher Weise grundirt, dann abgeschliffen, hierauf mit einer der Natur der nachzuahmenden Holzart entsprechenden Grundfarbe bestrichen, sodann mit der Maserung versehen, hierauf lackirt und schliesslich zur Verhütung des Nachdunkelns der Oelfarbe und zur Beseitigung des Glanzes mit einer dünnen Wachsschicht überzogen, wozu man eine Auflösung von Wachs in Terpentinöl benutzt. Die Maserung wird entweder aus freier Hand, mit Hilfe von verschiedenen Pinseln, Kämmen, Schlägern, sowie mit Schwämmen und Leinwandstückchen oder mittelst besonderer mechanischer Vorrichtungen ausgeführt, z. B. mit Hilfe von Fladerpapieren, die aus besonders präparirtem, bedrucktem Papier bestehen und als Oel- oder Wasserdruck-Abziehpapiere geliefert werden, oder mit Hilfe von Fladerdruckplatten aus Gelatine, von Maserircartons, die aus feinstem Löschpapier bestehen und mit eigens präparirter Farbe bedruckt sind, auch von Fladerwalzen u. s. w.

Zu erwähnen ist noch das Backhaus'sche Naturselbstdruckverfahren, das aber seiner sehr schwierigen Behandlung wegen nur selten angewendet wird und deshalb hier nicht weiter beschrieben werden soll. (Näheres hierüber findet man in Lueger's »Lexikon der gesammten Technik«, 1895, Bd. I, S. 371.)

Oelfarbenanstrich auf Kalkputz, Stuck und Steinwänden u. s. w. Nachdem der Putz gehörig ausgetrocknet ist, was gewöhnlich erst nach 1—2 Jahren der Fall zu sein pflegt, wird derselbe mit Leinölfirniss getränkt, der so dünnflüssig sein muss, dass er tief in den Putz eindringt und alle Poren desselben durchzieht, weil nur dann ein festes Haften der Oelfarbe zu gewärtigen ist.

Diese Verdünnung wird in der Regel mit Terpentinöl bewirkt, doch ist dies für Façadenanstriche nicht empfehlenswerth. Fehlerhaft ist eine Grundirung mit Leimwasser oder dünner Leimfarbe, weil dieselbe das Eindringen der Oelfarbe in den Putz verhindert und die Haltbarkeit des Anstriches vermindert. Nach dem Trocknen der Grundirung folgen zwei Anstriche mit einer aus Oelfirniss, 65% Bleiweiss und 25% Schlämmkreide bestehenden Farbe; der Zusatz von Schlämmkreide soll den Anstrich dauerhafter machen. Beim folgenden (letzten) Anstrich wird die Schlämmkreide und auch der Terpentinölzusatz fortgelassen und zur Erzielung einer glanzlosen Fläche Wachsfarbe hinzugesetzt. Da die letztere die Haltbarkeit des Anstriches vermindert, so empfiehlt es sich zur Beseitigung des Glanzes auf den noch feuchten letzten Anstrich feinen Sand aufzustreuen. Auf Aussenflächen ist der Anstrich in der Regel alle 5—6 Jahre zu erneuern, weil die Sonne die flüchtigen Oele verzehrt. Da die Oelfarbe die Poren des Putzes vollständig verschliesst, so kann die im Innern der Mauer etwa vorhandene Feuchtigkeit nicht verdunsten; es muss daher die Mauer auch innen vollständig trocken sein, bevor man sie mit Oelfarbe anstreichen kann. Als beste Zeit für Façadenanstriche gelten die Monate Juni, Juli und August, jedoch ist staubiges Wetter zu vermeiden, weil der Staub die Anstriche verunreinigt. Wird der Anstrich während des Thaues oder Regens oder gar während des Frostes aufgebracht, so häutet er sich leicht ab.

Oelfarbenanstrich auf Cementputz. Für frischen Cementputz empfiehlt sich ein Anstrich mit Kaseïnfarben (vergl. § 262) oder mit einem Gemenge von Cement, etwas Manganschwarz und Wasser. Statt des letzteren verwendet man auch der grösseren Haltbarkeit wegen Wasserglas (Cementsilicatanstrich). Solche Anstriche erscheinen schön grau und können fleckenlos hergestellt werden, auch lassen sich auf ihnen farbige Ornamente aus Wasserglasfarben anbringen und nach dem Austrocknen des Putzes über sie Oelfarbenanstriche auftragen. (Vergl. »Centralblatt der Bauverwaltung«, 1885, S. 360.) Soll ein frischer oder noch nasser Cementputz einen Oelfarbenanstrich erhalten, so muss man die Putzfläche mit Leinölsäure oder gewöhnlicher Harzkernseife, die in schwacher Lösung aufgetragen und mit dünner Alaunlösung überstrichen wird, behandeln. Eine Grundirung mit Essigsäure, wie sie hier und da beliebt wird, ist nicht zu empfehlen, weil die Putzfläche dadurch hygroskopisch und ein Theil des Putzes gelöst wird. Behandelt man die Putzfläche mit Magnesiafluat oder Fluociment von Kessler, so kann man frischen Cementputz sofort mit dauerhaftem Oelfarbenanstrich versehen.

Es empfiehlt sich jedoch, einen Oelfarbenanstrich auf einen Cementputz erst nach 1—2 Jahren aufzubringen, in welcher Zeit die Kohlensäure der Luft den im Cement enthaltenen Kalk in kohlensauren Kalk umgewandelt hat.

Besitzt nämlich der Cement noch ungebundenen Aetzkalk, so erfolgt eine Verseifung des Oeles der Oelfarbe und bei hinzutretender Feuchtigkeit

eine Entfernung der Kalkseife nebst Farbe. Vorhandene Ausblühungen, durch welche das Anhaften der Oelfarbe verhindert und eine Zersetzung der letzteren herbeigeführt wird, sind durch Behandlung der Putzfläche vor dem Grundiren mit einer schwachen Säure (z. B. mit verdünnter Schwefel- oder Salzsäure, und zwar 1 Theil Säure auf 100 Theilen Wasser) zu beseitigen oder mit einer Eisenvitriol- oder kohlensauren Ammoniaklösung (2 Theile an der Luft zerfallenes Ammoniak auf 100 Theile Wasser), wobei die Kohlensäure mit dem Aetzkalk sich zu kohlensaurem Kalk verbindet. Diese Flüssigkeiten sind mit reinem Wasser sorgfältig abzuspülen. Nach dem Trocknen der Putzfläche erfolgt die Grundirung und der Anstrich in derselben Weise, wie beim Kalkputz beschrieben worden ist.

Zur Grundirung wird auch Kalkolith empfohlen (siehe »Civilingenieur«, 1884, S. 206).

Statt des reinen Cementputzes wählt man zweckmässig einen Putz mit Cement und einem Zusatz von Kalkhydrat, wenn die Wand einen Oelfarbenanstrich erhalten soll. Längere Einwirkung der Witterung auf die Putzfläche befördert das Anhaften des Oelfarbenanstriches, weil die Cementputzfläche poröser wird.

§ 260. Leimfarbenanstriche.

Leimfarbenanstriche leisten einen genügenden Widerstand gegen Dämpfe und mässig feuchte Luft; sie sind verhältnissmässig billig und trocknen schnell. Man verwendet sie meistens auf Wänden im Inneren, auf Leinwand (zu Zimmer- und Theaterdecorationen) und auf Holzwerk. Die Farbstoffe (zumeist Erd- und Lackfarben) werden fein gemahlen und mit Wasser angerieben oder in Wasser einen Tag lang liegen gelassen, damit sie erweichen, und, falls zwei oder mehrere Farbstoffe zur Erzielung des gewünschten Farbentones vermischt werden müssen, geknetet, dann getrocknet und mit Leinöl oder zunächst mit Wasser und dann mit Leim angerührt. Die Menge des Leimzusatzes ist abhängig von der Güte des Leims, von der Be-

Während des Anstreichens ist die Leimfarbe öfters umzurühren; sie ist gleichmässig aufzutragen und soll auf dem angestrichenen Gegenstand so fest haften, dass sie beim Reiben mit dem Finger nicht abfärbt. Ein zu dick aufgetragener Anstrich blättert ab.

Zum ersten Anstrich auf Holz verwendet man zweckmässig eine Mischung von 4 Theilen Spanischweiss mit 6 Theilen reinem Leim, welche eine Temperatur von etwa 40° *C.* besitzt. Sämmtliche Fugen und Risse werden mit Kreide und Firniss verkittet, Aeste mit einer Mischung von gemahlenem Bleiweiss (oder Mennige) und Leim oder mit Schellack überzogen oder vor dem Anstrich mit feuchtem Kalk bestrichen, nach dem Trocknen desselben mit einem glühenden Eisenstab überfahren, damit das Harz ausschmilzt und vom Kalk aufgesogen wird, und endlich mit Bimsstein abgeschliffen. Eiserne Beschläge, Schrauben- und Nagelköpfe u. s. w. sind von Rost und Staub sorgfältig zu reinigen und mit Lackfirniss zu grundiren. Zu vergoldende Gegenstände erhalten einen Anstrich mit einer Mischung von Kreide und Leim.

Wählt man zum Anstrich Ultramarinfarben, so rührt man dieselben nicht mit Leimwasser an, sondern giebt ihnen einen Zusatz von Mehlkleister als Klebestoff.

Wenn Steinwände einen Leimfarbenanstrich erhalten sollen, so empfiehlt es sich, dieselben vorher mit Kalkmilch oder Alaunwasser, dem etwas Leim zugesetzt wird, zu tünchen und dann mit Seifenwasser zu tränken. Auch Schmierseife wird als Grundirungsmasse benutzt und dann mit kochendem Wasser gelöst, sowie mit Wasser so verdünnt, dass etwa das Verhältniss 1:9 entsteht. Die Wände müssen ausgetrocknet sein, weil auf feuchten Wänden ein Leimfarbenanstrich nicht lange hält.

Wenn man einen Gegenstand lackiren will, so grundirt man ihn mehrmals, bestreicht ihn wiederholt mit einer weissen Farbe, schleift ihn hierauf mit Bimsstein ab, giebt ihm einen zweifarbigen, sehr feinen und mit weichem Pinsel aufzutragenden Anstrich, bestreicht ihn nach dem Trocknen des letzteren zweimal mit stark verdünntem, kaltem Knochenleim und überzieht ihn endlich, wenn der Leim vollständig getrocknet ist, zwei- bis dreimal mit einem guten Weingeist-Lackfirniss.

Wasserdicht wird ein Leimfarbenanstrich, wenn man ihn mit einer Mischung von 1 Gewichtstheil pulverisirter Galläpfel mit 12 Gewichtstheilen Wasser, die bis auf $^2/_3$ ihres Volumens eingekocht und durch ein Tuch filtrirt worden ist, so überstreicht, dass er dadurch erweicht wird, denn auf eine harte Leimdecke ist die Einwirkuug dieses Gerbstoffes eine sehr geringe.*)

In den meisten Fällen lassen sich Schmutzflecke mit weichem Brot allein entfernen; die Reinigung von Staub hat mit einem möglichst weichen Haarbesen oder Federwedel zu geschehen, denn Tuch ist zu diesem Zwecke zu hart und greift den Anstrich an.

---

*) Siehe Mothes, a. a. O., Bd. I, S. 122—129; daselbst findet man auch eine grosse Anzahl von bewährten Recepten zu Anstrichen auf Holz, Metall, Mauern, Ziegelfussböden u. s. w. Auch in der ersten Beigabe zum »Kalender der Baugewerks-Zeitung« (Berlin) werden alljährlich empfehlenswerthe Recepte für Anstriche veröffentlicht.

Zu den Leimfarben gehören auch die sogenannten **Temperafarben**, welche mit Leimwasser angerieben, dann aber mit Eiweiss, Ziegenmilch, Honig, Wachs u. s. w. vermischt und hauptsächlich zu Wandmalereien und zur Herstellung von Theater-Decorationsstücken verwendet werden.

§ 261. Wasserfarbenanstriche.

Chinesische Tusche und Erdfarben, die eine grosse Deckkraft besitzen und sich, wenn sie in Wasser angerieben werden, mit diesem nicht chemisch verbinden, sondern sich in ihm nur fein vertheilen, können zu Anstrichen auf solchen Gegenständen benutzt werden, die sich in geschlossenen Räumen befinden und keiner Reibung ausgesetzt sind, also hauptsächlich zu Zimmer- und Theatermalereien.

Die Poren und Fugen der Gegenstände, welche einen solchen Anstrich erhalten sollen, werden durch Tränken mit heissem Leimwasser, Gummi arabicum u. s. w. geschlossen. Sofern diese Grundirung (z. B. auf Holz) nicht recht haften bleiben will, reibt man den anzustreichenden Gegenstand vorher sorgfältig mit Knoblauch ab. Auf Körper, die sich bei grosser Hitze krumm ziehen können, darf der Leim nicht in kochend heissem Zustande aufgetragen werden.

Auf die Grundirung folgt gewöhnlich ein weisser Anstrich, weil sich auf diesem die Wasserfarben am besten abheben. Zu diesem Anstrich verwendet man auf Holz meistens eine Mischung von Bleiweiss oder geschlämmter Kreide und Leimwasser. Ein solcher Anstrich springt auf Pappe leicht ab und wird rissig; es empfiehlt sich daher, Pappgegenstände ohne Anstrich zu lassen, dagegen mit starkem weissem Papier zu überziehen und auf dieses den Wasserfarbenanstrich aufzutragen.

In den meisten Fällen genügen zwei Anstriche. Nach dem Trocknen des ersten wird der angestrichene Gegenstand mit Schachtelhalm u. s. w. zur Beseitigung aller Unebenheiten abgerieben. Sind mehr als zwei Anstriche erforderlich, so schleift man jeden einzelnen vor Aufbringung des nächsten ab. Den obersten Anstrich trägt man zweckmässig möglichst dünn auf.

endlich durch einen kleinen Zusatz von Ochsengalle oder Waschseife gegen das Ausfliessen auf Pausleinwand geschützt.

Als Farben benutzt man ausser der chinesischen Tusche hauptsächlich Carminlack, gelben Ocker, Gummigutt, Ultramarin, Preussisch-Blau, Sepia, gebrannte Sienna, Grün und Zinnober. Man erhält durch Mischungen von Roth und Blau Violett, von Roth und Gelb Orange, von Blau und Gelb Grün, von Carminlack und sehr wenig Preussisch-Blau Purpur, von Zinnober und Carminlack Scharlach, von Carmin, Preussisch-Blau und Schwarz Neutraltinte, von gebrannter Sienna und Schwarz Umbra, von Preussisch-Blau und Schwarz Indigo, von Preussisch-Blau, gelbem Ocker mit gebrannter Sienna (Sepia oder Carminlack) Naturgrün u. s. w.

Tuschzeichnungen lassen sich durch einen Ueberzug mit Collodium, dem vorher 2% Stearin zugesetzt worden sind, conserviren.

§ 262. Kalk-, Kaseïn- und Blutfarbenanstriche.

Den billigsten und gebräuchlichsten Anstrich für Häuser erhält man mit gut gelöschtem Kalk (gewöhnlich Weisskalk), welcher mit 4—5mal so viel Wasser verdünnt, mit in kochendem Wasser aufgelöstem Alaun (1 *kg* Alaun auf etwa 15 *l* Kalkmilch oder mit Schmierseife) versetzt und mit oder ohne Zusatz von Kalkfarben sehr dünn auf das verputzte Mauerwerk aufgetragen wird, sobald dasselbe vollständig ausgetrocknet ist, weil anderenfalls der Anstrich fleckig wird. Der Alaunzusatz gewährt einen guten Schutz gegen Ungeziefer (z. B. gegen Wanzen). Als Farbstoffe verwendet man hellen Ocker, geschlämmte Umbra, Frankfurter Schwarz, Englischroth, Chromoxydgrün (Pergamentgrün) oder Victoriagrün (Chromoxydgrün mit Zinkgelb) u. s. w.; nicht brauchbar sind Chrombleifarben und Bleiweiss, letzteres seiner Giftigkeit wegen. In der Regel erfolgt der erste Anstrich nur mit Kalkmilch, welche die Poren verstopft und die Fläche glättet. Auf diese Grundirung folgen meist zwei Anstriche mit Kalkmilch, welcher Farben im Verhältniss von 1 : 1 bis 2 : 1 zugesetzt werden; nur bei sehr scharfem und rauhem Putz sind drei Anstriche erforderlich; die Farben werden in weiches Wasser eingeweicht und dann der Kalkmilch beigemengt. Die Anstriche sind mit dünnflüssiger Farbe aufzutragen, weil ein dicker Ueberzug abblättert.

Im Allgemeinen sind Kalkfarbenanstriche wenig dauerhaft und färben leicht ab. Um ihre Haltbarkeit zu erhöhen und den Anstrich wetterbeständiger zu machen, empfiehlt es sich, der Kalkmilch Leinöl oder Leinölfirniss (etwa 5%), Kochsalz, Seifenlauge, Heringslake u. s. w. zuzusetzen oder zum Löschen des Kalkes reine Milch statt Wasser zu benutzen. Im letzteren Falle werden die beizufügenden Farbstoffe zuerst mit Milch angerührt, beziehungsweise abgerieben **(Milchfarben)** und dann dem Kalk beigemischt. An Stelle der Milch kann man auch gut abgeriebene Buttermilch verwenden. Sind die Farben zu verdünnen, so setzt man ihnen nicht Wasser, sondern Milch hinzu. Eine Beimengung von Kochsalz (auf etwa 3 Theile gebrannten Kalk, 1 Theil Salz) liefert einen cementharten, wetterfesten und abwaschbaren Anstrich.

Gut und dauerhaft, sowie abwaschbar sind auch Anstriche mit **Käsefarben** (Kaseïnfarben). Kaseïnanstriche haften gut, sind im Wasser unlöslich, verleihen dem Holzwerk und der Leinwand einigen Schutz gegen Entflammung und eignen sich für Innen- und Aussenwände von Gebäuden, für

Holz u. s. w. Man bereitet diese Farben aus 1 Theil gut gelöschtem und einige Zeit abgelagertem Kalkbrei, etwa 5 Theilen weissem Käse (Quark) und reinen Metalloxyden oder Erdfarben. Organische Farben, sowie die fast alle auf Salzbildung beruhenden anorganischen Farben sind nicht brauchbar, weil sie zersetzt werden. (Siehe »Baukunde des Architekten«, Bd. I, Theil II, S. 150.) Vor dem Auftragen des Anstriches sind die geputzten Flächen gut anzunässen. Um eine frischere Wirkung zu erzielen, mengt man beim Verreiben den Kaseïnfarben Leinöl, Harze u. s. w. bei. Soll Papier mit Kaseïnfarben bemalt werden, so ist dasselbe mit Leinöl oder Gummi zu grundiren. Leinwand wird mit einer Lösung von Kautschuck in Terpentinöl vor dem Anstrich überzogen. Die Verdünnung der Kaseïnfarben geschieht meistens nur mit Wasser.

Empfehlenswerth sind auch Anstriche mit **Blutfarben,** weil dieselben ziemliche Dauerhaftigkeit besitzen und billig sind. Man lässt Rinderblut in flachen Gefässen 2—3 Tage lang stehen, bis es sich zersetzt hat und sich auf demselben helles Blutwasser (Serum) abgesondert hat. Letzteres schöpft man ab, vermischt es mit gebranntem, pulverisirtem und feingesiebtem Kalkmehl und etwas Alaun, so dass das Gemenge einen zähen Schleim darstellt, und trägt diese Masse ohne Wasserzusatz auf den Wandputz zweimal auf. Bei hölzernen Decken in mit Dampf erfüllten Räumen ist ein *dreimaliger* Anstrich erforderlich. Getrocknet stellen diese Anstriche eine feste, hornartige, in Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien unlösliche Masse dar.

Soll *Lehmputz* einen Anstrich erhalten, so schlämmt man ihn zunächst mit Milch oder Wasser unter Zusatz von Alaun oder Schmierseife, bestreicht ihn dann mit einer Mischung von Cement und Lehm in Wasser, hierauf mit reinem Portlandcement, der sehr dünn mit Wasser angemacht sein muss, und schliesslich mit einer Milchfarbe.

Einen *alten* Kalkfarbenanstrich beseitigt man durch Abwaschen mit Schwamm und reinem Wasser oder Seifenlauge, oder man entfernt ihn mittelst einer Alaunlösung, die nach dem Trocknen mit Sandpapier wieder abgerieben wird.

Bestäubte Kalkfarbenanstriche können nur mit einem sehr weichen

Eine Wachsleimfarbe bereitet man aus Farbstoff, Wachs und gekochtem Leim, oder man erhält sie durch einen Zusatz von in Terpentinöl aufgelöstem Wachs zu einer gewöhnlichen Leimfarbe.

Die Wachsfarben dunkeln nicht nach, werden aber in der Kälte spröde. Um einen matten Glanz zu erzeugen, reibt man sie nach dem Trocknen mit einem wollenen Lappen ab.

Zu erwähnen ist noch die sogenannte Enkaustik (Einbrennekunst), die schon im Alterthum bekannt war und in neuerer Zeit in München wieder in verschiedenen Methoden zur Anwendung gekommen ist. Nach dem von Fernbach erfundenen Verfahren wird eine Mischung von Terpentinöl, Wachs, Bernstein und Kautschuck durch eine gelinde Wärme auf die Malerei aufgeschmolzen, wodurch letztere eine besondere Schönheit und Dauerhaftigkeit erhält.

§ 264. Sonstige Anstriche.

1. Wasserglasanstriche, siehe § 250; Stereochromie, ebendaselbst.

2. Stereochrome Bemalung des Cementes nach dem Verfahren von Dr. Koch und Dr. Adamy in Darmstadt, siehe § 226.

3. Theeranstriche, siehe § 252.

4. Schwedischer Anstrich zum Schutze von Holzwerk. Er wird aus Heringslake, Roggenmehl-Kleister, Schlämmkreide und etwas Ocker hergestellt.

5. Russischer Anstrich, ebenfalls zur Erhaltung von Holzwerk dienend. Man löst $^1/_3$ *kg* Eisenvitriol in 12 *l* Wasser auf und setzt dieser Flüssigkeit zunächst $^1/_4$ *kg* Kolophonium, sowie $1^1/_2$ *kg caput mortuum* hinzu und hierauf eine Mischung von 1 *kg* Roggenmehl und 0·4 *l* Wasser. (Siehe »Baukunde des Architekten«, Bd. I, Theil II, 1896, S. 153.)

6. Anstrich für Stein und Holz.

Zinkoxyd (Zinkweiss) wird mit Leimwasser verdünnt und mit dieser Flüssigkeit der Gegenstand bestrichen. Nach etwa 2 Stunden wird über diesen Anstrich ein zweiter aufgetragen mit einer Mischung von Chlorzink und Leimwasser, wobei sich dass Zinkoxyd mit dem Chlorzink zu einer sehr glatten und sehr harten Masse verbindet. Will man einen farbigen Anstrich erhalten, so mengt man dem Leimwasser die gewünschte Farbe bei. Dieser Anstrich trocknet schnell, ist dauerhaft und um die Hälfte billiger als ein Oelfarbenanstrich. (Siehe »Deutsches Baugewerksblatt«, 1885, S. 13.)

7. Wetterfester Wasserfarbenanstrich von E. Puscher für Cement- und Kalkputz.

Man löst 1 Theil Eisenvitriol in 3 Theilen Wasser auf und bestreicht mit dieser Lösung den Putz mehrere Male, bis derselbe mit der Eisenverbindung gesättigt ist und keine dunkle, grüne Färbung mehr zeigt. Nach dem Trocknen stellt dieser Anstrich dann eine ockerfarbige, mit Wasser nicht mehr abwaschbare Schicht dar, auf welche die Farben aufgetragen werden können. Ueberstreicht man diese Schicht zweimal mit 5procentigem Seifenwasser, so erhält man eine wasserdichte Oberfläche. Dieselbe lässt sich durch Bürsten oder Reiben mit einem Tuche glänzend machen. (Siehe »Thonindustrie-Zeitung«, 1882, S. 240.)

8. Amphibolin von Ad. Hamann in Ernsthofen (Odenwald). Das mit dem Asbest chemisch identische Amphibolin (Hornblende) liefert eine waschechte Wasserfarbe für Wandflächen, abgebundenen Cementputz, Eisen, Zink, Glas, Papier, Holz u. s. w. und bildet eine Mittelstufe zwischen Leim- und Oelfarbe. Es wird aus einem nur im Odenwald vorkommenden Mineral hergestellt und in Pulverform in den Handel gebracht. Dieses Pulver wird zum Gebrauche in ein reines Gefäss geschüttet und dann mit Wasser, das in ganz geringen Mengen nach und nach zugesetzt wird, vermengt und mit demselben sorgfältig verrührt, bis die Masse ein vollständig gleichmässiges Aussehen zeigt und frei von Klumpen ist. Durch weiteren Wasserzusatz wird die Masse nur so weit verdünnt, dass man sie leicht streichen kann, dass aber auch ein gut deckender Anstrich erzielt wird. Der Anstrich mit dieser giftfreien und geruchlosen Masse trocknet sehr schnell und haftet so fest, dass gewöhnliche Verunreinigungen einfach mit kaltem Wasser und nassen Tüchern beseitigt werden können. Amphibolinanstriche zeigen die Sandsteinfarbe; andere Färbungen lassen sich durch Zusatz von 5% Erdfarbe (auch Ultramarin), jedoch nur in hellen Tönen erzielen. Man verwendet den Amphibolinanstrich als Untergrund für Oelmalerei, als ersten Anstrich für Façaden auf Cementputz, sofern die Wände nicht auf der Wetterseite liegen, und hauptsächlich zu Innenwänden und Decken. Alte Leim- und Kalkanstriche, auch Oelfarbenanstriche sind (am besten mit Seifenwasser) zu entfernen, um ein Abblättern des aufgetragenen Amphibolinanstriches zu verhüten. Horizontale Flächen, Fensterbänke, Balkons und am Dache vorspringender Putz sind nach dem Amphibolinanstrich einmal mit Oelfarbe zu überstreichen. Der Amphibolinanstrich ist billiger wie ein Oelfarben-, jedoch etwas theurer wie ein Leimfarbenanstrich. —

Derselbe Fabrikant liefert auch eine Amphibolin-Rostschutzfarbe, die auf rostigem oder nicht rostigem Eisen verwendbar ist. Das Pulver wird in gleichen Gewichtstheilen mit Leinölfirniss angerührt und nöthigenfalls mit 5% Terpentin und 2—3% Siccatif versetzt. Ein doppelter Anstrich schützt selbst rostiges Eisen, dessen fest anhaftender Rost vor dem Anstrich nicht beseitigt zu werden braucht, gegen das Durchdringen und eine Neubildung

geliefert und dürfen weder einen Oelzusatz noch eine Beimengung eines anderen Stoffes erhalten. Man rührt sie zu einem dicken Brei an, streicht denselben mit einem kurzhaarigen Pinsel auf den Gegenstand und reibt ihn gehörig ein. Nach etwa 24 Stunden, nachdem der erste Anstrich getrocknet ist, erfolgt der zweite. Eine vollkommene Feuersicherheit soll man durch einen dreimaligen Anstrich (Grundirung mit billiger Asbestfarbe und zwei weitere Anstriche mit besonders hergestellter feuerfester Asbestfarbe) erzielen. Auf alte Oelfarbe lässt sich ein Asbestfarbenanstrich nur schwierig aufbringen. Am besten soll sich für solche Anstriche trockenes, ungehobeltes Bauholz, wie es von der Säge kommt, eignen. Gute Asbestfarbenanstriche werden selbst bei langandauernder stärkerer Erhitzung nicht blasig. —

Eine feuerfeste Asbestfarbe bereitet Julius Kathe in Deutz folgendermassen: Der bei der Asbestfabrikation sich ergebende, ganz reine und höchst feine Asbeststaub wird in einem eisernen Behälter geglüht, um alle in ihm enthaltenen brennbaren Stoffe zu vernichten, dann werden 30 Theile der geglühten Masse mit 20 Theilen feinstgepulvertem feuerfesten Thon vermischt, dem Gemenge 10 Theile Borax, in 30 Theilen heissem Wasser aufgelöst, und 10 Theile Wasserglas hinzugesetzt; hierauf wird die ganze Mischung erwärmt und schliesslich sehr fein gemahlen. Um sie zu färben, vermengt man sie mit Anilin- oder Erdfarben. Der lösliche Borax dringt fester und tiefer in das Holz ein als Wasserglas, er verzögert das Trocknen und bewirkt dadurch einen festeren und feuerbeständigeren Ueberzug auf dem Holze. (D. R.-P. Nr. 20937.)

10. Testalin von Hartmann und Hauers in Hannover (D. R. P. Nr. 78607).

Das Testalin besteht aus 2 wasserklaren Flüssigkeiten, nämlich:

Nr. 1 aus einer alkoholischen Lösung einer ganz besonderen Oelsäurekaliseife und

Nr. 2 aus einer essigsauren Lösung von essigsaurer Thonerde.

Diese beiden Lösungen werden auf den ohne Anwendung von Säuren gereinigten Gegenstand (Stein oder Cement) nacheinander aufgetragen, und zwar mittelst eines Pinsels in wagrechter und senkrechter Richtung, so dass eine recht satte Tränkung erfolgt. Ist die aufgebrachte Lösung Nr. 1 (blaue Etiquette) eingezogen, so dass die Struktur des Stoffes wieder ganz hervortritt (je nach Witterung und Gefüge nach 2—3 Stunden), so wird die Lösung Nr. 2 (rothe Etiquette) in gleicher Weise aufgestrichen. Durch Wechselwirkung der Bestandtheile scheidet sich feste ölsaure Thonerde (unlösliche Thonerdeseife) aus, welche sich, soweit die Flüssigkeiten in die Steine u. s. w. von deren Oberfläche eingedrungen sind, als feinvertheilter Niederschlag in den Poren absetzt und auf diese Weise eine oberflächliche Erhöhung der Dichtigkeit der Steine bewirkt. Diese Thonerdeseife besitzt eine sehr hohe wasserabweisende Kraft und verhindert das Eindringen von Nässe in den Stein. Da die Poren nicht vollständig geschlossen werden, ein glasurartiger Ueberzug also nicht entsteht, so wird die Luftdurchlässigkeit der Mauer nicht aufgehoben. Durch die Behandlung mit Testalin wird, wie die königliche Prüfungsstation für Baumaterialien zu Charlottenburg festgestellt hat, die Druckfestigkeit von Sandsteinen wesentlich erhöht und die Abnutzbarkeit bedeutend vermindert. Mit Testalin getränkte Steine nahmen, in Wasser gelegt, nach 10—15 Minuten nur 0·16—0·78% Wasser auf. Durch Testalin

wird die Farbe der Backsteine gar nicht, die der Sandsteine kaum merklich geändert. Die Anstriche sind abwaschbar, verhindern bei Cementarbeiten das Entstehen von Trockenrissen und schützen die Wände auch gegen das Eindringen von Staub und Russ, sowie gegen das Ansetzen von Flechten und Moosen; sie bilden daher ein vortreffliches Schutzmittel.

11. Wetterfester Anstrich (Mineralmalerei) von Keim & Comp. in München.

Die Wand erhält einen Spritzbewurf mit einem Mörtel aus 4 Theilen reinem, gewaschenem, trockenem Sand und 1 Theil Kalkbrei, sowie vor dem Antrocknen desselben einen zweiten Bewurf, um alle Unebenheiten des ersten zu beseitigen. Auf diesen Untergrund wird ein Gemenge aus 8 Theilen Keim'scher Mahlgrundmasse (nur reiner Sand) und 1 Theil Kalkbrei etwa 2 *mm* dick aufgetragen und glatt gerieben. Nach dem Antrocknen dieser Masse wird die Fläche mit einer Mischung von 1 Theil Kieselfluorwasserstoffsäure und 3 Theilen Wasser zweimal getränkt, um die Poren des kohlensauren Kalkes zu öffnen. Nach 24 Stunden erhält der Untergrund einen dreimaligen Anstrich mit einer Wasserglaslösung (1 Theil Kaliwasserglas und 2 Theile Wasser). Auf diesen steinhart gewordenen Mahlgrund werden nach gehörigem Annässen desselben die mit destillirtem Wasser angeriebenen, von Keim besonders hergestellten, nur aus mineralischen Bestandtheilen bestehenden, von öligen oder harzigen Bindemitteln und überhaupt von organischen Stoffen freien Farben lasurartig aufgestrichen. Nach dem Antrocknen des Anstriches wird das Bild drei- bis viermal in Zwischenräumen von je 12—24 Stunden mit dem Keim'schen Fixirmittel behandelt, bis diese Flüssigkeit nicht mehr aufgesaugt wird. Die nicht eingesogene Flüssigkeit ist schnell mit Löschpapier wieder zu beseitigen.

Dieser Anstrich zeichnet sich durch grosse Deckkraft, Fleckenlosigkeit, Abwaschbarkeit und Porosität aus, welche die natürliche Lüftung durch die Mauern gestattet, ferner durch einen schönen matten Ton und durch grosse Haltbarkeit. Unter der Einwirkung von Feuchtigkeit wird dieser Anstrich allmälig härter. (Näheres siehe A. Keim, »Die Mineralmalerei«, Wien, A. Hartleben's Verlag.)

§ 265. Bronziren, Vergolden u. s. w.

Zum Bedrucken von Tapeten u. s. w., sowie zum Anstrich von Holz-, Gyps- und Metallgegenständen, auch von Steinen, finden Bronzefarben vielfach Verwendung. Sie stellen fein pulverisirte Metalllegierungen dar und werden aus Abfällen der Metallschlägerei, aus der sogenannten Schawine hergestellt. Meistens bestehen die Bronzefarben aus einer Legierung von Kupfer mit Zink und nur, wenn sie hochroth sind, aus reinem Kupfer. Eine hellgelbe Bronzefarbe enthält 83 Theile Kupfer und 17 Theile Zink, eine orangerothe 83 Theile Kupfer und 1 Theil Zink; echtes Malergold (echtes Musivgold, edle Goldbronze) wird aus den Abfällen des echten Blattgoldes, echtes Malersilber (Musivsilber, echte Silberbronze) aus den Abfällen des echten Blattsilbers, unechtes Malergold (Musivgold) aus einem innigen Gemenge von 8 Theilen feinster Zinnfeile, 7 Theilen Schwefel und 5 Theilen Salmiak durch Glühen in eisernen Retorten bis zur schwachen Rothgluth, unechtes Malersilber (Musivsilber) aus einer Legierung von Zinn und Wismuth zu gleichen Theilen gewonnen, die des leichteren Pulverisirens wegen mit Quecksilber amalgamirt wird. Die schwarze Bronze (Eisenschwarz) besteht aus feinem Antimonpulver.

Diese Metalllegierungen werden unter Zusatz von Wasser, Honig, Gummi arabicum u. s. w. auf das Feinste zerrieben, mit etwas Oel, Talg, Paraffin oder Wachs erhitzt und durch Sieben oder Schlämmen nach ihrer Feinheit sortirt. Beim Erhitzen bilden sich Anlauffarben (violette, kupferrothe, orange, goldgelbe, grüne), so dass man Bronzefarben in allen möglichen Farben und Nuancen erhalten kann.

Die Bronzefarben kommen als Pulver in den Handel oder werden in verkorkten Probirgläschen oder mit dem nöthigen Bindemittel versehen in Porzellanschalen oder in Tuben verkauft. Häufig werden diese Pulver mit Anilinfarben gefärbt. Bronzen von gröberem Korn werden Brocate genannt.

Der zu bronzirende Gegenstand wird zunächst dreimal mit Oelfarbe bestrichen, dann wird, bevor der letzte Anstrich getrocknet ist, das Bronzepulver mittelst Lederlappens oder trockenen Pinsels aufgedrückt, so dass es beim Erhärten der Oelfarbe festklebt. Oder es wird das Bronzepulver mit einer Schellacklösung oder mit Siccativ vermengt und diese Flüssigkeit wie jede andere Farbe mittelst Pinsels aufgetragen. Bei dem ersten Verfahren erhält man eine schönere, bei dem zweiten eine haltbarere Bronzirung. Bei Stuckornamenten ist eine Grundirung mit Schellacklösung und nach dem Trocknen derselben ein Anstrich mit einem stark klebrigen, aber leicht trocknenden Stoff (sogenanntes Anlegeöl) auszuführen, auf welchen das Bronzepulver aufgestreut wird.

Befinden sich die bronzirten Gegenstände im Freien, so müssen sie zum Schutze gegen Oxydation der Bronze mit einem Copallackanstrich versehen werden, der jedoch den Metallglanz abschwächt. Werden die Bronzepulver mit einem (möglichst farblosen) Bindemittel angerührt, so muss man auf die richtige Menge desselben wohl achten, weil zu wenig Bindemittel eine zu geringe Haltbarkeit hervorruft und zu viel Bindemittel den Metallglanz vermindert und die Wirkung trübt.

Als Ersatzstoffe der Bronzefarben dienen: Safranbronze und Magentabronze (beide aus dem Wolfram hergestellt), Anilinfarben,

Murexid, Hämatoxylinderivate, Chromchlorid u. s. w., die Säuren, Schwefelwasserstoffgasen und Witterungseinflüssen gut widerstehen.

Statt der Bronzefarben benutzt man zu Verzierungen von Holz, Stein und Metallen (besonders Gusseisen) auch äusserst dünne Metallblättchen, namentlich Gold- und Silberblättchen. Erstere erhält man auf folgende Weise: Das reine (oder mit einem geringen Zusatze von Silber oder Kupfer versehene) Gold wird zunächst in Stangen ausgegossen, dann unter wiederholtem Anwärmen kalt (bis zu etwa 5 *mm* Dicke) ausgeschmiedet (ausgeschlagen) und darauf unter kleinen Walzwerken zu dünnen Blechen ausgewalzt. Die Bleche werden mittelst Schere in kleine quadratische Stücke von 2·5—3 *cm* Seitenlänge (Quartiere) zerschnitten, dann zwischen Pergamentblätter gelegt, die man in ein doppeltes Futteral von Pergament (die Form) schiebt, und darauf mittelst 3—8 *kg* schweren Handhämmern mit convexer Bahn geschlagen, wobei man das Futteral auf einen Marmor- oder Granitblock legt, dreht und wendet. Nachdem die Blättchen auf diese Weise eine Grösse von 10—13 *cm* im Quadrat erreicht haben, werden sie über Kreuz in 4 Theile zerschnitten und diese Stücke nochmals zwischen Goldschlägerhäutchen, d. h. der äusseren feinen Haut vom Blinddarm des Rindes, die besonders zu diesem Zweck präparirt wird, geschlagen, bis sie die erforderliche Feinheit erreicht haben. Die fertigen Goldblättchen stellen Quadrate von 6·7—9·5 *cm* Seitenlänge dar und besitzen im feinsten Zustande nur eine Dicke von $^{1}/_{10000}$ *mm*. Man legt sie zu 20—25 Stück in Bücher aus sehr glattem Papier, das zur Verhinderung des Anhaftens des Goldes mit Bolus oder Röthel bestrichen ist.

Bestehen die Blättchen aus reinem Gold (echtes Blattgold), so lassen sie, zwischen zwei Glasplatten gelegt, das Licht mit gleichmässig grüner Farbe hindurch. Echtes Blattgold darf auch, gegen das Licht gehalten, keine Risse oder Löcher zeigen.

Das unechte Blattgold (Metallgold, Goldschaum) wird in gleicher Weise aus einer Legierung von Kupfer und Zink (Tombak) hergestellt, jedoch nur in einer Dicke von $^{1}/_{1500}$—$^{1}/_{2000}$ *mm*. Es erscheint, gegen das Licht gehalten, schwarz und undurchsichtig, besitzt eine geringere Widerstands-

Das Verfahren, um mit diesen Metallblättchen die Gegenstände zu vergolden, zu versilbern u. s. w., ist ein verschiedenes, je nachdem man eine glänzende oder matte Verzierung erhalten will.

Bei echter Glanzvergoldung wird auf den Gegenstand eine heisse Leimlösung ein- bis zweimal aufgestrichen, nach dem Trocknen derselben ein Gemenge von 1 Theil Leim, 6—8 Theilen Wasser und Schlämmkreide oder Chinaclay mehrere Male warm aufgetragen, dieser Leimgrund dann nass und trocken geschliffen (mit Bimsstein, Schachtelhalm und Sandpapier), hierauf mit einer Mischung aus Poliment, 1 Theil Leim und 30 Theilen Wasser dreimal bestrichen und an den Stellen, die Glanzvergoldung erhalten sollen, noch mit zwei weiteren Anstrichen, am besten mit einer Mischung aus feinstem Bolus und vielem Wasser, versehen. Nach vollständiger Austrocknung dieses Glanzgrundes erfolgt ein Abreiben mittelst Borstenpinsels, Leinwand- oder Flanelllappens, bis ein schwacher Glanz entsteht. Dann wird mit klarem, kaltem Wasser oder mit einer Mischung aus 3 Theilen Wasser und 1 Theil Spiritus der Glanzgrund mässig angenässt und das Blattgold mit schwach eingefettetem »Anschusspinsel« aufgelegt und mit dem »Anstauchpinsel« fest angedrückt. Schliesslich werden die Stellen, welche glänzend erscheinen sollen, mit Polirstählen, Achat- oder Blutsteinen polirt, und diejenigen Stellen, welche matt bleiben sollen, meistens noch mit dünnem, hellem und filtrirtem Leim oder mit einer, gewünschtenfalls mit Gummigutti, Drachenblut, Anilinfarben u. s. w. schwach gefärbten Lösung von Schellack in Spiritus überzogen.

Bei echter Mattvergoldung wird der Gegenstand mit einem dreimaligen Oelfarben-, Firniss-, Lack- oder Mennigeanstrich (z. B. bei Eisen) versehen, dann mit Bimsstein oder Schachtelhalm abgerieben und hierauf mit sogenanntem Anlegeöl (Vergolderfirniss) bestrichen, dann wird nach 12—24 Stunden, wenn dieses Oel dem Trocknen nahe ist, das Blattgold mit breitem Haarpinsel aufgelegt und fest angedrückt und schliesslich die Vergoldung, wenn gewünscht, mit Leim- oder Schellacklösung mattirt oder gehellt. Bei zu frühem Auflegen des Blattgoldes wird die Vergoldung stumpf, bei zu spätem kein festes Anhaften des Goldblättchens erzielt. Bei Gegenständen im Freien wendet man vortheilhaft doppeltstarkes Blattgold an; bei einem Firnissüberzug würde die Vergoldung rissig werden, wenn der Gegenstand den Witterungseinflüssen ausgesetzt ist.

Dieselben Verfahren werden bei der echten Versilberung und bei der unechten Vergoldung und Versilberung angewendet. Eine unechte Vergoldung erhalt man auch durch Auflegen von Blattsilber und durch späteren Anstrich mit Goldfirnisslasirung.

Soll Cuivre-poli nachgeahmt werden, so stellt man den Grund möglichst glasig und glänzend her, legt die Blattbronze auf, reibt sie mit Baumwolle an, streicht eine filtrirte Rubinschellacklösung darüber, bringt Graphit oder einen anderen geeigneten Farbstoff mit passendem Bindemittel auf, bürstet oder reibt denselben auf den Hochstellen wieder ab und überzieht das Ganze schliesslich mit einem durchsichtigen Lack. Oder man färbt den glatten, glänzenden Grund mit Graphit, Umbra u. s. w. und reibt auf denselben das Bronzepulver, das mit etwas Bolus und wenig Bindemittel versehen ist, auf, vertreibt dasselbe nach den Tiefen und polirt es auf den Hochstellen.

Um eine Plafond- (Wachs-, Geschwind-) Vergoldung (auf Decken und Wänden) auszuführen, bringt man warmes Wachs oder ein Gemenge von Wachs, venetianischem Terpentin und Talg warm auf und legt sofort das Blattgold auf. Will man die Arbeit etwas verzögern, so mengt man dem Grund etwas Leinölfirniss bei. Dieses Verfahren ist sehr schnell ausführbar, aber wenig solide.

Eiserne und stählerne Gegenstände werden zunächst mit Salpetersäure behandelt, dann erhitzt, bis sie blau anlaufen, und hierauf mit Blattgold belegt.

(Siehe Eyth und Meyer, Malerbuch, S. 370—373.)

§ 266. Die Firnisse.*)

Eigenschaften. Unter Firnissen versteht man öl- oder harzartige Flüssigkeiten, die an der Luft mehr oder weniger schnell trocknen und, in dünnen Schichten auf Gegenstände aufgebracht, einen glänzenden, meistens durchsichtigen, harten und haltbaren Ueberzug bilden, der den angestrichenen Gegenständen eine glatte Oberfläche verleiht und einen Schutz gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit, aber auch der Luft u. s. w. gewährt, weil die Firnisse in Wasser nicht auflösbar sind.

Die Firnisse werden, ebenso wie die Oelfarben, durch Aufnahme von Sauerstoff trocken und fest, und es gelten diejenigen für die besseren, deren Oxydation schneller eintritt. Ein guter Firniss muss daher schnell trocknen; er soll aber auch fest an dem mit ihm bestrichenen Gegenstand haften, nicht rissig werden oder gar abspringen, er soll, wenn er über einen Anstrich aufgetragen wird, diesen selbst oder seinen Farbenton nicht verändern und möglichst farblos sein, er soll sich mit Farbkörpern mischen lassen, ohne eine Veränderung derselben hervorzurufen, er soll endlich einen dauerhaften und möglichst hohen Glanz besitzen.

Eintheilung. Man unterscheidet: Oelfirnisse, Weingeistfirnisse, Terpentinölfirnisse, Oellackfirnisse (Lacke), Kautschukfirnisse und Guttaperchafirnisse.

endlich mit farblosem Firniss überzogen. Häufig wird dann zum dritten Male ein Schleifen und Poliren mittelst Bimssteinpulver, Tripel, Haarpuder u. s. w. vorgenommen.

Wenn Holz nur einen Weingeistfirniss-Ueberzug erhalten soll, so wird seine Oberfläche nach dem Abschleifen gebeizt und dann mit flüssigem Leim bestrichen, damit der Weingeistfirniss nicht in das Holz eindringen kann und dasselbe stellenweise fleckig macht.

Metalle sind vor dem Aufbringen des Firnisses blank zu scheuern und zu erwärmen.

a) **Oelfirnisse.**

Zur Bereitung von Oelfirnissen ist möglichst abgelagertes, völlig klares und schnell trocknendes Oel zu verwenden. Am besten eignet sich hierzu das Leinöl, weil es an der Luft — namentlich, wenn es vorher gekocht wurde — rasch Sauerstoff aufnimmt und deshalb schnell erhärtet. Seltener und nur für bestimmte Zwecke wird Mohn- oder Nussöl, in einzelnen Fällen auch Harzöl genommen. Das gereinigte Oel wird über offenem Feuer oder durch indirecten überhitzten Dampf zum Sieden gebracht und entweder allein verwendet oder aber während des Kochens und unter fleissigem Umrühren mit Mennige, Bleiglätte, Bleiweiss, Zinkoxyd, borsaurem Manganoxydul, Braunstein, Gyps u. s. w. zur Beschleunigung des Trocknens vermischt.

Empfehlenswerthe Mischungen sind folgende:

12 Theile*) reines Leinöl, 1 Theil Bleiglätte, 2—3 Stunden lang zusammen gekocht;

100 Theile Leinöl, $1^1/_2$ Theile borsaures Manganoxydul;

100 Theile Leinöl, 6 Theile Bleiglätte, 5 Theile Wachs, dick eingekocht und dann die klare Flüssigkeit abgegossen;

2 *l* Leinöl, 5 *g* Manganoxydulhydrat, $^1/_2$—1 Stunde lang zusammen gekocht, bis das Oel braun wird.

Solche Mischungen können unmittelbar zum Anstrich benutzt und auch Oelfarben beigemischt werden; sie machen jedoch die Farben dunkler und gelblich und sind daher für helle Anstriche nicht zu empfehlen. Will man weisse Firnisse für helle Oelfarben erhalten, so muss man zu ihrer Bereitung klares Oel verwenden, das in Gläsern den Sonnenstrahlen ausgesetzt und wiederholt mit Wasser kräftig durchgeschüttelt wurde.

Einen steifen, schnell trocknenden, mit etwa 16% feinpulverisirtem Kienruss oder Kohle vermischten und mit etwas Seife versetzten Leinölfirniss benutzt man als Buchdruckerfarbe, einen consistenten, mit Frankfurter-Schwarz vermischten Leinölfirniss zum Kupferdruck. Die für Steindruck, Bronzedruck und Federzeichnungen bestimmten Firnisse dürfen mit Bleipräparaten (Bleiglätte, Mennige und Bleiweiss) nicht vermischt werden.

Unter Siccativ (Trockenöl) versteht man einen dick eingekochten, schnell trocknenden Oelfirniss, dem Bleiglätte und entwässertes Zinkvitriol (z. B. 1 *kg* Bleiglätte und 40—50 *g* Zinkvitriol auf 5 *kg* Leinöl) oder Manganpräparate (z. B. 50—60 *g* borsaures Manganoxydul mit 1 *kg* altem Leinöl abgerieben, dann 49 *kg* Leinöl beigemischt und das Ganze eine Viertelstunde lang fast bis zum Kochen erhitzt) oder Braunstein beigemengt wird. Ein Zusatz von Zinkvitriol ist für grüne und sehr helle Farben nicht empfehlens-

*) Die Theile bedeuten Gewichtstheile.

werth, weil die Farben allmälig dunkler werden. Ein Braunsteinzusatz ist besonders für Zinkweissanstriche geeignet; diesen Zusatz bringt man auf eigenthümliche Weise in das Oel, man hängt nämlich einen mit Braunstein gefüllten Leinwandsack in die etwa 20 mal so viel Inhalt besitzende, kochend heisse Leinölmasse und kocht das Ganze zweimal 12 Stunden lang.

b) **Weingeistfirnisse.**

Dieselben liefern einen ungemein glänzenden, harten und durchsichtigen Ueberzug, der auf Wasserfarbenanstriche aufgebracht werden kann. Man verwendet zu ihrer Bereitung starken, gewöhnlich 90procentigen Weingeist und feingepulverte Harze (z. B. Schellack, Sandarak, Copal, Mastix, Elemi, Dammar), welche, um ein besseres Auflösen zu bewirken, mit so viel grobem Glaspulver vermengt werden, dass dessen Gewicht nur den dritten Theil vom Gewichte des Harzes beträgt.

Man nimmt gewöhnlich auf 1 Theil Harz und Glas 3—5 Theile Weingeist und erhitzt diese Mischung in einem Wasserbade bis zur vollständigen Auflösung des Harzes. Da eine Schellack-, Sandarak- und Copallösung allein nach dem Trocknen sehr spröde wird und leicht Risse erhält, so fügt man diesen Harzen noch Stoffe (z. B. Mastix, Elemi und Terpentin) hinzu, die den Firniss geschmeidiger machen, und löst diese Mischung in Weingeist auf.

1. Schellackfirniss. Man verwendet gebleichten Schellack oder kocht den fertiggestellten Firniss, um ihn zu entfärben, mit Thierkohle und filtrirt ihn.

Empfohlen werden folgende Recepte:

1 Theil Schellack, 5 Theile Weingeist (ordinärer Firniss für Möbelpolituren);

1 Theil Schellack, 1 Theil Mastix, 7 Theile Weingeist;

4 Theile Schellack, 1 Theil Mastix, 20 Theile Weingeist, mit oder ohne Zusatz von 2 Theilen Sandarak (farbloser Firniss);

4 Theile Schellack, 1 Theil Sandarak, $^1/_2$ Theil venetianischer Terpentin, 25 Theile Weingeist;

4 Theile Schellack, 4 Theile Sandarak, 2 Theile Mastix, 40 Theile

230 *g* Sandarak, 65 *g* venetianischer Terpentin, 460 *g* Weingeist, 1500 *g* Bleiweiss, das mit Wasser abgerieben, getrocknet und nochmals mit etwas Terpentin abgerieben ist. Diese Mischung liefert einen sehr schnell trocknenden und erst nach dem Reiben mit wollenen Lappen glänzend werdenden Firniss.

3. Copal-Weingeistfirniss. Er stellt den vorzüglichsten Weingeistfirniss dar, ist völlig farblos und nach dem Trocknen sehr hart. Er eignet sich besonders zum Ueberziehen von Eisenwaren. Der Copal ist mehrere Male zu schmelzen, die geschmolzene Masse zu pulverisiren und in Alkohol unter höherem Druck aufzulösen. Ungeschmolzener Copal löst sich in Alkohol nicht auf. Man kann aber auch eine gute Lösung erzielen, wenn man 1 Theil Copal mit einer Mischung von 1 Theil Weingeist, $^1/_6$ Theil Aether und $^2/_3$ Theil Terpentinöl siedet.

4. Goldfirniss (für Metalle). 125 Theile Körnerlack, 125 Theile Gummigutti, 32 Theile Safran in 2400 Theilen Weingeist gelöst, 125 Theile Drachenblut und 125 Theile Orlean, jedes für sich in 1200 Theilen Weingeist gelöst und der ersteren Mischung nach Belieben hinzugesetzt.

c) **Terpentinölfirnisse.**

Man erhält dieselben durch Auflösung von Fichtenharz (Galipot), Mastix, Dammar, Asphalt u. s. w. in Terpentinöl. Terpentinölfirnisse sind geschmeidiger als Weingeistfirnisse, aber nicht so beliebt wie diese, weil sie schlecht riechen.

Recepte:

1. Mastixfirniss.

12 Theile Mastix, 2 Theile Terpentinöl;

4 Theile Mastix, 4 Theile Sandarak, 8 Theile Terpentin und 32 Theile Terpentinöl.

2. Asphaltfirniss. Asphalt in Terpentin oder Benzin aufgelöst.

3. Dammarfirniss. 1 Theil gestossenes Dammarharz, 2 Theile Terpentinöl, unter Erwärmung bis auf etwa 80° *C.* und unter beständigem Umrühren aufgelöst; liefert einen guten Anstrich.

4. Grüner Terpentinölfirniss. 1 Theil Mastix und 1 Theil Sandarak wird in starker Kalilauge aufgelöst und mit einer verdünnten Lösung von essigsaurem Kupferoxyd versetzt, dann wird der grüne Niederschlag auf einem Filter gesammelt, eingetrocknet und in Terpentinöl gelöst.

5. Terpentinöl-Goldfirniss. Man verwendet ihn zum Schutze von Metalllegierungen (z. B. Messing, Tomback) gegen Anlaufen und um denselben ein goldähnliches Aussehen zu verleihen. Bewährt hat sich folgende Mischung:

4 Theile Schellack, 4 Theile Sandarak, $^1/_2$ Theil Drachenblut, 36 Theile Kurkumawurzel, 8 Theile Terpentin, 32 Theile Terpentinöl.

Neuere Lösungsmittel sind (statt Weingeist und Terpentin): Holzgeist, Chloroform, Benzin, Ligroin, Teeröl, Schwefelkohlenstoff, Aether u. s. w. Einen nicht glänzenden Firniss erhält man z. B., wenn man 40 *g* Sandarak in 560 *g* Aether auflöst und der Lösung 240 *g* Benzol und 10 *g* Kanadabalsam hinzusetzt.

Zum Färben der Weingeist- und Terpentinölfirnisse benutzt man hauptsächlich folgende Farbstoffe:

für gelb: Gelbholz, Gummigutti, Orlean, Safran;

für blau: Berliner-Blau mit Leinöl dick eingekocht (dieser Blaulack dient besonders zum Lackiren von Leder);

für roth: Alkanna, Brasilienholz, Drachenblut, Cochenille, Sandelholz;

für röthlichgelb: Saflor;

für grün: Grünspan;

für braun: Umbra;

für schwarz: Sumach, Frankfurter-Schwarz, Elfenbeinschwarz.

d) **Oellackfirnisse.** Dieselben stellen Auflösungen von pulverisirten Harzen in einem Gemenge von Leinöl und Terpentinöl dar. Das Terpentinöl verflüchtigt sich an der Luft und es entsteht ein fester und dauerhafter Ueberzug, indem sich das verharzte Leinöl mit dem verwendeten Harze innig verbindet. Die Oellackfirnisse sind schwieriger zu bereiten. Man benutzt zu ihrer Darstellung hauptsächlich Bernstein, Colophonium und Copal, aber auch Asphalt u. s. w. Auf diese Harze wird unter fleissigem Umrühren heisser Leinölfirniss gegossen und die Mischung etwa 10 Minuten lang gekocht, dann wird der Kessel vom Feuer genommen und, um den Firniss dünnflüssiger zu machen, Terpentinöl unter kräftigem Umrühren hinzugesetzt. Nach dem Erkalten wird die Masse durch Leinwand filtrirt und auf Flaschen abgezogen.

1. Bernsteinlackfirniss. Derselbe ist sehr dauerhaft und wird besonders für Wagenlackirungen und zum Firnissen von Eisenwaren verwendet. Empfehlenswerthe Mischungen sind folgende:

6 Theile Bernstein, 20 Theile Leinöl, 40 Theile Terpentinöl;

1 Theil Bernstein, 3 Theile Leinöl und so viel Terpentinöl, bis die Masse die gewünschte Dünnflüssigkeit erreicht hat;

1 Theil gebleichter Bernstein, 1 Theil Nussöl, 2 Theile Terpentinöl (Bernstein wird mittelst Kochen in Salzwasser gebleicht.)

2. Copallackfirniss. Er besitzt eine grosse Haltbarkeit und Schönheit und dient hauptsächlich zum Lackiren von Oelfarbenanstrichen und Metallwaren. Bewährte Recepte:

1 Theil Copal (vorsichtig zu schmelzen), $^1/_2$—1 Theil heisser Leinölfirniss, 2—3 Theile Terpentinöl;

Was Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Wasser und Hitze anlangt, so übertrifft der **japanische Lack** alle übrigen. Er wird aus dem Milchsaft von *Rhus vernix* bereitet. Nach Gottgetreu (a. a. O., Bd. II, S. 481) besteht der japanische Glanzlack aus einer Mischung von Ti-chou-Harz mit Schweinsgalle, römischem Vitriol und wenig Wasser, der schwarze Lack aus einer Mischung desselben Harzes mit pulverisirter Hirschknochenkohle oder Elfenbeinschwarz und wenig Wasser. Zur Herstellung des weissen Lackes soll dem Harze gemahlenes oder geknetetes Blattsilber hinzugesetzt werden, während beim rothen Lack mineralischer Zinnober oder Saflorblumen, beim gelben Auripigment, beim violetten ein fein gepulverter Stein (Te-che genannt) als Zusatz dienen soll. Der japanische Lack soll, auf mit dem Oel des Tong-chou-Baumes bestrichenen und geebneten Flächen, so oft aufgestrichen werden, bis die letzteren eine vollkommen glatte Oberfläche erhalten haben und wie Spiegel glänzen. Auf diese Flächen sollen dann die Malereien, Vergoldungen und Versilberungen aufgebracht und endlich die Flächen zur Erhöhung der Haltbarkeit mit einem leichten Lacküberzug versehen werden. Um eine gute Erhärtung des Lackes zu erreichen, werden die lackirten Gegenstände an einem mehr feuchten als trockenem Ort aufbewahrt.

Der echt chinesische oder siamesische Lack wird aus dem Milchsaft von *Stagmaria vernificera* dargestellt.

e) **Kautschuk- und Guttapercha-Firnisse.** Man verwendet dieselben hauptsächlich zum Wasserdichtmachen von Stoffen. Für diesen Zweck eignen sich besonders folgende Mischungen:

4 Theile feinzerschnittenes Kautschuk mit 1 Theil Leinöl erwärmt;

1 Theil Guttapercha mit 10 Theilen Leinöl zusammengeschmolzen.

Einen sehr biegsamen Firniss erhält man auf folgende Weise: 250 *g* feingeschittenes Kautschuck werden in 500 *g* geschmolzenes Colophonium geschüttet und diese Mischung wird bis zum Erkalten umgerührt, dann nochmals erhitzt und schliesslich mit 500 *g* heissem Leinölfirniss vermischt (nach Gottgetreu).

Um Oelfarbe undurchdringlich und glänzend zu machen und ihr Abschuppen zu verhindern, vermischt man 1 *kg* fertige Oelfarbe mit 12 *g* einer filtrirten Lösung von 100 *g* Kautschuk und 5 *kg* Steinöl.

Zum Ueberziehen von Guttaperchawaren wird ein Destillat von 100—125 *g* Guttapercha mit 2—3 *kg* Terpentinöl oder Steinkohlentheer empfohlen.

f) **Firnisse und Lacke für bestimmte Zwecke.**

Wir lassen hier noch einige bewährte Recepte folgen.

Zur Herstellung von Anstrichfarben als Ersatz für Leinölfirniss empfiehlt F. Thies in Bissendorf folgende Mischung:

100 Theile Kolophonium, 20 Theile krystallisirte Soda, 50 Theile Wasser werden zusammen geschmolzen und der Mischung 25 Theile Ammoniakflüssigkeit und 250 Theile Wasser hinzugesetzt.

Eine firnissähnliche, zu wasserdichten Anstrichen verwendbare Flüssigkeit giebt (nach Gottgetreu) eine Lösung von Schellack in Ammoniak, — einen für die meisten Säuren unangreifbaren Firniss (nach Mothes) ein aus Harz und Leinöl bereiteter Firniss mit einem Zusatz von Wachs.

Zinkgegenstände werden mit einem farbigen Ueberzug versehen, indem man sie zunächst mit Quarzsand blank scheuert, dann mit Salzsäure

anfeuchtet, hierauf schnell mit Wasser abspült, mit Löschpapier sorgfältig abtrocknet und dann in eine Mischung von 3 Theilen Weingeist, 48 Theilen Wasser und 4 Theilen Aetznatron eintaucht, in welchen sie je nach dem gewünschten Farbenton verschieden lange Zeit gelassen werden. (»Maschinenbauer«, 1880, S. 48.)

Für musikalische Instrumente und Möbel aus feinem Holz wird folgende Mischung (nach Mothes) empfohlen: 8 *g* Sandarak, 4 *g* Körnerlack, 2 *g* Gummimastix, 2 *g* Benzoëharz, in 64 *g* Weingeist aufgelöst und 4 *g* venetianischer Terpentin hinzugesetzt.

Fussbodenlack: 250 Theile Schellack, 60 Theile Kolophonium in 1 *l* Spiritus gelöst, dann 200 Theile Ocker und 15 Theile Umbra beigemengt.

Der Fussboden ist vorher mit Leinölfirniss zu tränken, auch sind die Fugen mit einem Kitt von 1 Theil gebranntem Kalk, 2 Theilen Mehl und möglichst viel Leinölfirniss auszufüllen.

Militärlederputzlack aus 40 Theilen Borax, 12 Theilen Schellack, 800 Theilen Wasser und 10 Theilen Nigrosin.

Fussbodenglanzlack. 300 Theile Orange-Schellack, 250 Theile dicker Terpentin, 100 Theile gelbes Acaroidharz und 350 Theile 94procentiger Spiritus werden im Wasserbade gelöst.

Drittes Capitel.

Kautschuk und Guttapercha.

§ 267. Das Kautschuk.*)

Gewinnung. Das Kautschuk (Federharz, Gummi elasticum) stellt den eingetrockneten und geronnenen Milchsaft verschiedener tropischer Pflanzen aus der Familie der Euphorbiaceen, Apocyaceen, Urticaceen u. s. w. dar, die in Südamerika, Ostindien, Afrika und Australien heimisch sind. Der

In neuerer Zeit wird diese Gewinnungsmethode nur noch selten angewendet; zweckmässiger sind die beiden folgenden, jetzt üblichen Verfahren. Man bestreicht etwa 1 *m* lange Hölzer in Form von Rudern mit dem Milchsafte bis zu einem Gewichte von 7·5 *kg*, trocknet den Ueberzug und schlitzt ihn mit einem scharfen Messer auf. Man erhält dann flache, etwas gekrümmte Stücke, welche den Namen »Bisquit« führen. Oder man fängt den Milchsaft in hölzernen Gefässen oder Kürbisschalen auf, schäumt die Masse ab und vermischt sie mit ihrem vierfachen Volumen Wasser. Bei ruhigem Stehen des Gefässes sammelt sich dann das Kautschuk an der Oberfläche an. Das darunter stehende, schmutzige Wasser wird abgelassen und so oft durch reines ersetzt, bis das abgelassene Wasser frei von allen Unreinigkeiten ist und wieder klar abfliesst. Die zurückbleibende Masse wird hierauf mit in wenig Wasser aufgelöstem Alaun (6 *g* Alaun auf etwa 10 *l* Milchsaft) versetzt, worauf sich das reine Kautschuk ausscheidet, das dann geknetet und getrocknet wird. (Westindisches, ostindisches, centralamerikanisches Kautschuk).

Ein ergiebiger Baum liefert während der mehrere Monate dauernden Gewinnungszeit bis 75 *kg* Kautschuk, und zwar geben ältere Bäume mehr als jüngere.

Unter »gegrabenem Kautschuk« versteht man den Milchsaft aus den Wurzeln des Baumes, der in einen sumpfigen Boden geflossen und dort zu einer korkartigen Masse erstarrt ist.

Eintheilung. Man unterscheidet hauptsächlich folgende Sorten:

1. Das südamerikanische oder Para-Kautschuk, das anerkannt beste, das sehr dünngeschichtet (Schichten meist unter 0·5 *mm* Dicke) in birnförmigen Flaschen, runden Scheiben oder dicken quadratischen Tafeln in den Handel kommt, aussen ganz schwarz, innen dagegen heller, sogar weiss ist und beim Reinigen und Trocknen hauptsächlich in Folge Verdunstung des in ihm enthaltenen Wassers 12—15% an seinem Gewichte einbüsst.

Es führt auch den Namen Speckgummi und wird vorzugsweise aus dem Safte der *Siphonia elastica* Brasiliens und Guaiana's, aber auch aus dem der *Cecropia elastica* und *Siphonia Schomburgkiana* gewonnen. Enthält der Speckgummi Luftblasen (Hohlräume), so ist er von geringerer Güte.

2. Das centralamerikanische, aus dem Safte der *Castilloa elastica*, der *Hevea peruvina* u. s. w., welche in Mexiko, Nicaragua und Guatemala heimisch sind.

3. Das afrikanische, die geringwerthigste Sorte, aus dem Safte der *Vahea gummifera*, einiger Landolphia-Arten und Feigenbäume bereitet, die auf Madagaskar, Mozambique, Mauritius, am Congo, in Kamerun, Liberia u. s. w. wachsen.

4. Das ostindische aus dem Safte verschiedener Feigenbäume (z. B. *Ficus elastica, indica, religiosa, racemosa*) und einer in Sumatra und Singapur wildwachsenden Schlingpflaze (*Urceola elastica*). Dieses Kautschuk führt auch die Namen Assam-, Borneo-, Rangun-, Singapur-, Pinang- und Javagummi und kommt in unregelmässigen Blöcken in den Handel, die eine Vermengung von dunklen und hellen, häufig Fremdkörper einschliessenden und zusammengekneteten Stücken bilden.

5. Das australische, welches aus dem Safte verschiedener Ficus-Arten gewonnen wird.

Als Beschwerungsmittel, um die Ware billiger verkaufen zu können, werden am Gewinnungsorte namentlich Schwerspat und Kreide, aber auch Sand, Schlamm, Holz oder Wasser hineingeknetet und oft in so bedeutenden Massen, dass das Kautschuk nach seiner Reinigung und Trocknung einen Gewichtsverlust bis zu 80% erleidet. Dies ist namentlich beim afrikanischen und auch beim ostindischen Kautschuk der Fall, während das Parakautschuk meistens gar nicht oder doch nur sehr wenig beschwert wird.

Eigenschaften. Kautschuk besitzt kein Gefüge, ist in reinem Zustande durchsichtig, in dicken Lagen gelblich, geruch- und geschmacklos, ein schlechter Leiter der Wärme, ein guter Leiter des Schalles, wird beim Reiben negativ elektrisch und leitet den elektrischen Strom schlecht (weshalb man es zum Ueberziehen von Telegraphendrähten benutzt). Es enthält sehr viele, mikroskopisch kleine Poren und ist deshalb in trockenem Zustande sehr hygroskopisch; die Wasseraufnahme beträgt 18·7—26·4%, und bei derselben dehnt sich das Kautschuk um 5—15·7% seines Volumens aus. Sein specifisches Gewicht schwankt zwischen 0·925 und 0·968. Kautschuk lässt sich nach allen Seiten gleichmässig ausdehnen und ist gereinigt bei mittlerer Temperatur so elastisch, dass man es um das 7—8fache seiner Länge ausziehen kann. Nach dem Ausdehnen nimmt es seine frühere Gestalt wieder an. Diese Elasticität verliert es jedoch bei 0° Temperatur; in der Kälte wird es hart, aber nicht spröde und brüchig. Erwärmt auf 50° *C.* wird Kautschuk weicher, bei einer Temperatur von 100—200° stark klebrig und von eigenthümlichem Geruch. Bei 200° entsteht aus ihm eine braunschwarze, schmierige Masse, die nach dem Abkühlen nicht wieder fest wird; bei höheren Hitzegraden entzündet es sich und verbrennt an der Luft mit dunkelrother, sehr stark russender Flamme. Im Allgemeinen ist Kautschuk schwer zu zerschneiden, wenn man es jedoch an der Seite, von welcher der Schnitt erfolgen soll, schraff anzieht, so lässt es sich leicht theilen. Die frischen und reinen Schnittflächen haften fest aneinander, namentlich wenn das Kautschuk vorsichtig bis 100° *C* erhitzt wird. In heissem Wasser erweicht das Kautschuk, nimmt aber seinen früheren Zustand wieder an, wenn man es langsam austrocknet. Im kalten Wasser und in Alkohol löst es sich nicht auf, dagegen ist es zum Theil löslich in wasserfreiem Aether, Chloroform, ätherischen Oelen, ganz reinem Terpentinöl (Kamphin), Schwefelkohlenstoff, Petroleum, Steinkohlenöl und Benzin; diese Stoffe bringen das Kautschuk zunächst zum starken Aufquellen, bevor sie es auflösen, und erleichtern die Theilbarkeit der Masse. Aether löst nur 1·3% und aus dieser Lösung kann man das Kautschuk wieder durch Alkohol fällen. Als bestes Lösungsmittel für Kautschuk gilt das leichte Kampheröl. Chlor, verdünnten Säuren und Alkalien widersteht das Kautschuk sehr kräftig, jedoch wird es durch concentrirte Schwefeläure und rauchende Salpetersäure schnell zerstört. Von Gasen wird es durchdrungen.

Bei trockener Destillation liefert Kautschuk reichliche Mengen von stark riechendem, dunklem, ätherischem Oel (Kautschuköl, Kautschucin, Faradayin, Heveen), das aus flüssigen Kohlenwasserstoffen besteht, und hinterlässt, wenn rein, nur einen sehr geringen Rückstand.

Verarbeitung. Zunächst wird das Rohkautschuk 6—12 Stunden lang mit Wasser ausgekocht, dann die erweichte Masse mit Walzen unter Zufluss von kaltem Wasser geknetet, hierauf in einer warmen Trockenkammer oft Monate lang getrocknet, dann nochmals in einer sogenannten Knetmühle

geknetet und mittelst heisser Walzen zu dünnen Platten gewalzt. Diese Platten werden darauf mittelst Mischwalzen mit horizontalen, nebeneinander liegenden Cylindern mit denjenigen Stoffen vermischt, welche zum Vulcanisiren, Färben oder Beschweren dienen.

Beim Vulcanisiren werden 10% pulverförmiger Schwefel oder Schwefelmetall (z. B. Schwefelantimon, Schwefelwismuth) dem gut gereinigten Kautschuk bei einer Temperatur von 50—60° *C.* beigemengt und das Ganze der Einwirkung einer Hitze von 127—136° *C.* ausgesetzt, oder es wird das Kautschuk in eine kalte Lösung von Schwefelchlorür, in Benzin oder Schwefelkohlenstoff eingetaucht, jedoch ist das erste Verfahren das üblichere. Man erhält dadurch eine gelbliche, ausserordentlich elastische, auch in der Kälte elastisch und weich bleibende, in der Wärme nicht klebrig werdende und den Lösungsmitteln des reinen Kautschuks gut widerstehende Masse, welche vulcanisirter Kautschuk genannt wird. Wählt man den Schwefelzusatz höher (30—60% der Kautschukmasse) und erhitzt man das zwischen heissen Walzen hergestellte und in Formen gepresste Gemenge längere Zeit bei 136—142° *C.* in einem Kessel, in welchen Dampf eingelassen wird, so erhält man das hornisirte Kautschuk oder das Hartgummi (Ebonit), welches eine schwarze Farbe und eine dem Horn gleichkommende Härte besitzt und als Ersatz von Horn, Ebenholz, selbst Stahl dient. Diese Härte wächst mit zunehmendem Schwefelgehalt, jedoch wird dadurch die Elasticität vermindert. Härte und Elasticität werden vermehrt, wenn man dem Gemenge von Kautschuk und Schwefel noch Schellack, Harz, Asphalt oder Guttapercha hinzusetzt. Ausserdem erhält dasselbe noch einen Zusatz von Gyps, Magnesia, Thon, Schwerspath, Schwefelantimonblei, Schwefelantimonzink, Steinkohlentheer-Asphalt, Erdfarben bis zu 80% der ganzen Masse, um das Fabrikat billiger zu gestalten oder es zu färben. Zum Färben verwendet man hauptsächlich: Bleiweiss, Bleiglätte, Talkum, Zinkoxyd, Zinnober, Schwefelantimon und Kienruss.

Setzt man dem vulcanisirten Kautschuk Sand, Quarz, Feuerstein und Schmirgel hinzu, so erhält man eine harte Masse, welche als Schleif- und Wetzstein für Sägen, Messer, Sensen, Sichel u. s. w. benutzt werden kann.

Wenn bei der Vulcanisirung statt des Schwefels rothes Antimonsulfurat und Kermes verwendet wird, so bekommt die Masse eine rothbraune Farbe. Man verwendet sie zu Glasuntersätzen, Flaschenverschlüssen u. s. w.

Man kann das Kautschuk auch in der Weise färben, dass man es zunächst mit einer in rectificirtem Terpentinöl aufgelösten Kautschukmasse dick überstreicht, dann die mit dieser Lösung vermischten Farben aufstreicht und diese mit derselben Lösung nochmals dünn überzieht.

Das Vulcanisiren wird bei weichen Kautschukwaren gewöhnlich nach, bei harten dagegen meistens vor dem Formen derselben vorgenommen. Bei einigen Gegenständen wird die weiche Kautschukmasse in die Formen gepresst und in denselben vulcanisirt.

Eine beliebig zu gestaltende Masse erhält man aus 1 Theil Kautschuk, 100 Theilen Schwefelkohlenstoff und 5 Theilen Alkohol (von 85° *T.*), eine feste, polirbare Masse aus 4 Theilen Kautschuk, 1 Theil Schwefel, 3 Theilen gebrannter Magnesia, 2 Theilen Steinkohlentheer und 2 Theilen Goldschwefel; nachdem die Gegenstände fertiggestellt sind, müssen dieselben, bevor man sie polirt, längere Zeit in einer Temperatur von 120—150° *C.*

erwärmt werden. Kautschukfischbein erhält man aus einer Mischung von 10 Theilen Kautschuk, $2^1/_2$ Theilen Schwefel, 2 Theilen Schellack, 2 Theilen Magnesia und $2^1/_2$ Theilen Goldschwefel, welche gleichfalls einer Temperatur von 120—150° *C.* mehrere Stunden lang ausgesetzt werden muss. (Gottgetreu, a. a. O., S. 489.)

Verwendung. Man benutzt das Kautschuk zur Anfertigung von Gummiwaren aller Art, z. B. von Blei- und Tintengummi, Bällen, Puppen, Gummischuhen, Spritzen, Platten zur Abdeckung, Fäden, Schnüren zum Dichten von Fenstern und Thüren, Schläuchen und Röhren. Sodann dient das Kautschuk zur Herstellung wasserdichter Stoffe; man fertigt dieselben, indem man die zu dünnen Platten ausgewalzte Gummimischung in Benzin auflöst, sie auf Walzen oder durch Umrühren gehörig durcharbeitet, die Lösung mittelst sogenannter Streichmaschine in mehreren dünnen Schichten auf die Stoffe aufstreicht, wobei der Benzin verdunstet, dann die gestrichenen Stoffe als solche in Dampf oder mit Chlorschwefel vulcanisirt und zu Mänteln, Kissen, Betteinlagen u. s. w. verarbeitet oder zwischen rohen Kautschukplatten einbettet (auch auf dieselben aufpresst) und mit den Platten zusammen vulcanisirt (Dichtungsplatten, Treibriemen, Teppiche, Schuhe u. s. w.). Siehe Dr. F. Fischer, a. a. O., S. 1127. — Ferner verwendet man das Kautschuk zu Kitten (siehe § 238), zu Firnissen (siehe § 266, *g*), zu Ueberzügen von Drähten elektrischer Leitungen, die an feuchten Wänden befestigt oder in nassen Räumen (auch in Badezimmern) untergebracht sind, zu Treibriemen, Streichriemen, Schleif- und Wetzsteinen, aufgelöst oder geschmolzen auch zu wasserdichten Anstrichen, zu Stempeln u. s. w.

Das vulcanisirte Kautschuk verwendet man zur Fabrikation von Matten, Ringen, Luftkissen, Puffern für Pferdebahnen und technische Zwecke, Schläuchen, Radreifen, Gasbeuteln für Gasmotoren u. s. w., das Hartgummi zu Kämmen, Schirm- und Stockgriffen, zu Messerschalen und Messerheften, zu chirurgischen Instrumenten, zu Uhrwerken für Wassermesser (z. B. bei den Hartgummiwassermessern von Schinzel-Lux in Ludwigshafen a. Rhein), zu Schmucksachen aller Art, zu Knöpfen, zu Blasinstrumenten und Höhrrohren u. s. w.

Noch zu erwähnen ist das Kamptulikon, ein aus Kautschuk und Korkabfällen oder Faserstoffen und Haaren gefertigter Stoff, der Aehnlichkeit mit Linoleum und fast dieselben Eigenschaften wie dieses besitzt und zu Fussbodenbelägen (in England auch in Pferdeställen) Verwendung findet.

§ 268. Die Guttapercha.*)

Gewinnung. Guttapercha (plastisches Gummi, Tubangummi, Gettaniagummi) ist der getrocknete Milchsaft von Bäumen aus der Familie der Sapotaceen, namentlich von *Isonadra Gutta*, *Dichopsis* und *Payena* von Singapur, Borneo, Sumatra und Südmalaga, der dadurch gewonnen wird, dass man diese Bäume in einer Höhe von $1^1/_2$ *m* über dem Erdboden fällt und in Zwischenräumen von 12—15 *cm* entrindet. Der ausfliessende Saft wird in Gefässen aufgefangen und gewöhnlich mit etwas Salz oder Salzwasser

*) Benutzte Werke: Gottgetreu, »Baumaterialien«, 3. Aufl., Berlin 1881, Bd. II, S. 486—496. — Dr. F. Fischer, »Handbuch der chemischen Technologie«, Leipzig 1893, S. 1125—1128. — Dr. Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, 4. Aufl., Leipzig 1883, — u. A.

versetzt, um eine bessere Abscheidung der Guttapercha zu erzielen. Lässt man die Gefässe ruhig stehen, so bildet sich eine geronnene, milchähnliche Masse. Dieselbe wird vor ihrer Erhärtung mit den Händen zusammengeknetet und an der Luft getrocknet.

In den Handel kommt die Guttapercha entweder in länglichen Broten von 3—4 *kg* Gewicht oder in unregelmässigen Klumpen von 10—12 *kg* Gewicht.

Eigenschaften. Die Guttapercha besitzt in unverfälschtem Zustande eine röthlichbraune Farbe und ist auf den Schnittflächen weisslich bis bräunlich; sie hat roh das Aussehen von lockeren, zusammengeballten Lederschnitzeln und erscheint im Handel als eine gleichmässige Masse von dünnen, hautartig übereinanderliegenden, zähen Schichten. Guttapercha fühlt sich fettig an und riecht eigenthümlich (nach Käse und Leder). In gewöhnlicher Temperatur ist sie zähe, lederartig, steif und hart, trocken, undurchsichtig und nur wenig elastisch, jedoch leicht zu schneiden. Sie ist nur nach einer Richtung ausdehnbar, in der entgegengesetzten zerreisst sie bei genügend starker Zugbeanspruchung. Ihre Festigkeit gegen Zug ist in der einen Richtung eine grosse (200 *kg* für das Quadratcentimeter). Sie schwimmt in Folge ihrer (übrigens nicht grossen) Porosität auf dem Wasser, obwohl sie schwerer wie dieses ist. Erwärmt man Guttapercha (durch Eintauchen in warmes Wasser) auf 32° *C.*, so wird sie biegsam, bei 48° beginnt sie weich zu werden, auch kann man sie bereits, jedoch nur unter Anwendung eines hohen Druckes, kneten; bei 55—60° ist sie formbar und streckbar und kann zu ganz dünnen (durchsichtigen) Blättern ausgewalzt werden, auch ist sie dann so weich, dass man zwei Stücke durch einfaches Zusammendrücken zu einem einzigen vereinigen kann; bei 90° schmilzt sie zu einer klebrigen, fadenziehenden Masse, bei 130° beginnt ihre Zersetzung; sie wird ganz flüssig und schäumt; bei 150° liefert sie ein Oel, welches das vorzüglichste Lösungsmittel der Guttapercha bildet.

Guttapercha ist in Wasser, Alkohol, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich, dagegen in Schwefelkohlenstoff und Chloroform, aber auch in erwärmtem Terpentinöl, Kautschuköl, Benzin und Petroleum zu einer dicken Masse löslich; sie wird durch stark concentrirte Schwefelsäure und rauchende Salpetersäure zerstört. Aether und ätherische Oele bringen die Guttapercha zum Aufquellen und verwandeln sie in eine teigartige Masse. Guttapercha ist ein guter Schallleiter, einer der schlechtesten Leiter der Wärme und Elektricität und wird beim Reiben negativ elektrisch. Bei längerem Liegen an der Luft und besonders, wenn Luft und Feuchtigkeit auf sie einwirken, erhält sie einen sehr dünnen, bläulichen Ueberzug, wird allmälig brüchig und spröde, pulverisirbar, in Alkohol und Aether löslich und beim Reiben positiv elektrisch. Unter der Erde (etwa zum Schutze von elektrischen Leitungen) kann man sie nicht benutzen, weil sie von Mäusen u. s. w. zernagt wird, auch nimmt sie in feuchter Erde und unter Wasser allmälig Wasser auf und büsst dann ihre isolirende Eigenschaft ein; mit Guttapercha umhüllte Drähte müssen deshalb noch mit einer Metallröhre umgeben werden.

Verarbeitung. Die Guttapercha wird durch Waschen in anfangs kaltem, dann allmälig erwärmtem Wasser unter beständigem Kneten von allen Verunreinigungen (z. B. von Sand, Erde, Baumrinde, Sägespänen, Holztheilchen u. s. w.) befreit oder nach trockenem Erwärmen zwischen stumpf-

zähnigen Walzen gepresst und geknetet, wodurch ebenfalls die Unreinigkeiten abgesondert werden. Die gereinigte Masse wird dann mittelst Maschinen zu einem weichen, gleichmässigen Teig verarbeitet und hierauf soweit erwärmt, dass sie plastisch wird. Dann wird sie entweder in Formen gepresst oder zu Schnüren und Fäden ausgezogen oder zu dünneren Bändern ausgewalzt oder endlich in gleicher Weise wie Kautschuk vulcanisirt und hornisirt. Bei der vulcanisirten Guttapercha ist jedoch die Verbindung keine so innige wie beim Kautschuk.

Verwendung. Man benutzt die Guttapercha hauptsächlich zu Isolirungen elektrischer Leitungen (besonders von Kabeldrähten und Telephondrähten unter Wasser, welche ausserdem noch mit einer Metallhülle umgeben werden), sodann zur Herstellung von Fäden, Schnüren, Schläuchen, Röhren (die oft mit Geweben gefüttert und umhüllt werden) und Pumpen für saure Flüssigkeiten, ferner zur Anfertigung von Gefässen für Flusssäure, von Feuereimern, Ringen, Treibriemen, Schuhsohlen und Gummischuhen, von Sprach- und Hörrohren, Walzen für Waschmaschinen und Wäschemangeln, chirurgischen Instrumenten, Messerheften, Bilderrahmen, Gesimsen, Winkelmaassen und Dreiecken, Reissschienen, Dachziegeln, weiter, weil sie äusserst scharfe Abdrücke liefert, zu Matritzen für Holzschnitte und in der Galvanoplastik, sodann zum Wasserdichtmachen von Geweben, indem man sie mit Leinöl zusammenpresst, als Ersatz für Horn und Knochen zur Herstellung von Knöpfen, Thürdrückern u. s. w., zum Schutze von Leder, Pappe, Holz und Metall, wenn dieselben den Einwirkungen von Alkohol, Säuren und Wasser, jedoch keiner höheren Temperatur ausgesetzt sind, in dünnen Blättern an Stelle von Thierblase und Wachstaffet, endlich zu künstlichen Gebissen, zu Kitten für lederne Treibriemen (siehe § 238), zu Firnissen (siehe § 266, *g*) u. s. w.

Verschiedenes. Guttapercha kommt niemals ganz rein in den Handel und ist eines von denjenigen Rohproducten, welche den meisten Verfälschungen unterworfen sind. Zu den Verfälschungen benutzt man verschiedene Harze.

Gereinigte Guttapercha hat eine fast weisse Farbe, wird aber oft durch Carmin röthlich gefärbt; sie erweicht in warmem Wasser und ist ausserordentlich plastisch; man benutzt sie zum Ausfüllen hohler Zähne und gewinnt sie, indem man gewöhnliche Guttapercha in Benzin löst, die Lösung durch gebrannten Gyps oder pulverisirten Thon klärt und die Guttapercha durch Zusatz von Alkohol (von 90⁰ *T.*) wieder fällt; letztere wird dann mit heissem Alkohol gewaschen und in siedendem Wasser zusammengeknetet, endlich bei mässiger Wärme zu dünnen Stangen geformt, die zum Schutze gegen die Einwirkung der Luft zweckmässig unter Wasser aufbewahrt werden.

Als Ersatz für Horn und Knochen empfiehlt sich eine Mischung von 1 Theil Guttapercha und 2 Theilen Kautschuk oder ein Gemenge von 1 Theil Guttaperchaabfällen und 1 Theil Kautschukabfällen, das, mit Schwefel vermengt, mehrere Stunden lang einer Hitze von 120⁰ *C.* ausgesetzt wird. Das Fabrikat wird noch besser, wenn man dieser Mischung Gyps, Harz, Bleiverbindungen u. s. w. hinzufügt.

Einen guten Firniss zum Ueberziehen von Guttaperchawaren und von Documenten, deren Schrift unverlöschbar gemacht werden soll, erhält man nach Fry, wenn man 5 *kg* Terpentinöl oder Steinkohlentheeröl mit 180—240 *g* Guttapercha destillirt.

Als Ersatzstoff der Guttapercha wird Balata (*Bully-tree*), das Milchharz eines am Orinoko und Amazonenstrom wachsenden Baumes, empfohlen, weil dieses Harz elastischer als Guttapercha, biegsamer und schwerer schmelzbar ist, erwärmt angenehm riecht und die Wärme sowohl als auch die Elektricität besser isolirt. (Siehe »Wochenschrift des österreichischen Gewerbevereines«, 1878, S. 121.) Man verwendet Balata zu Treibriemen, Sohlen und Absätzen, ferner zur Isolirung von Telegraphendrähten und in der Zahnarzneikunde. (Siehe: Fischer, a. a. O., S. 1128.)

Viertes Capitel.

Dachpappe, Holzcement, wasserdichte Leinwand, Linoleum, Korkplatten, Asbestgewebe, Unterlagsfilzplatten, Tapeten.

§ 269. Die Dach- und Steinpappe und ihre Ersatzstoffe.

Bestandtheile. Die rohen Pappen werden aus groben, langfaserigen Stoffen bereitet, namentlich aus wollenen Lumpen und altem Papier. Je mehr Wollfaser die Pappe enthält, desto werthvoller ist sie. Nimmt man zur Bereitung pflanzliche Stoffe, z. B. Leinwand, Hanf, Baumwolle, gemahlenes Stroh und Holz, Gerberlohe u. dergl., so ist die Widerstandsfähigkeit der Pappe gegen Witterungseinflüsse eine geringere; benutzt man erdige Stoffe, z. B. Thon, Kreide, Kalk, Gyps u. s. w., so wird durch dieselben eine schnelle Verwitterung der Pappe herbeigeführt.

Eintheilung. Man unterscheidet Tafel- und Rollenpappe; erstere wird zu Dacheindeckungen in neuerer Zeit fast nicht mehr verwendet, weil die vielen Stösse und Fugen manche Uebelstände erzeugen. Die Tafelpappe wird wie Papier mit der Hand geschöpft und an der Luft getrocknet; sie kommt zumeist in einer Breite von 0·75 *m* und in einer Länge von 1 *m* sowie in verschiedener Dicke zum Versandt. Die Rollenpappe wird mittelst Maschinen bereitet und zum Theil gepresst. Am gebräuchlichsten sind folgende Sorten:

Nr. 70	1·5 *mm* stark,	70 m^2 = 50 *kg* wiegend,		Breite gewöhnlich 1 *m*.
Nr. 80	1·315 » »	80 » = 50 » »		Eine Rolle enthält
Nr. 90	1·167 » »	90 » = 50 » »		meistens 50—60 m^2
Nr. 100	1·05 » »	100 » = 50 » »		Pappe.

Die dünnen Sorten werden vorzugsweise zu Unterlagen bei Schiefer- und Holzcementdächern, auch als Decklage bei Doppelpappdächern und zu provisorischen Dacheindeckungen benutzt.

Das Imprägniren. Die Stoffe, aus denen Tafelpappe hergestellt werden soll, werden mit Steinkohlentheer vermischt, oder es wird die fertige Pappe mit heissem Steinkohlentheer oder mit einer Mischung von diesem und Pech getränkt, indem man sie in diese Flüssigkeit eintaucht, hierauf in heisses Wasser legt, sie dann nochmals eintaucht und längere Zeit (meistens 5 Stunden lang) in dem siedenden Theer liegen lässt. Die Imprägnirung der Rollenpappe dagegen erfolgt dadurch, dass man die Rolle mittelst zweier Quetschwalzen ganz langsam durch ein Theerbad hindurchzieht. Der bis zum Siedepunkt erhitzte Theer befindet sich hierbei in einem breiten und flachen

Behälter. Die Pappe wird mit ihrer unteren Seite nach dem Verlassen der Walzen über eine, auf dem Arbeitstisch gleichmässig ausgebreitete Sandschicht bewegt, während auf die obere mit Hilfe eines Siebes Sand möglichst gleichmässig aufgestreut wird. Durch diese Besandung soll das Zusammenkleben der Pappe beim Aufrollen verhütet werden. Der Sand ist durch Schlämmen von etwa vorhandenen thonigen und lehmigen Bestandtheilen und durch Sieben von allen grösseren Stücken, sowie von Staub zu befreien; er muss scharfkantig sein und ein gleichmässiges Korn, etwa von der Grösse des Hirsekorns, besitzen. Statt des Sandes kann man auch mit Vortheil zerkleinerte Hochofenschlacke verwenden.

Der zum Imprägniren der Pappe benutzte Steinkohlentheer muss durch Destillation von den flüchtigen Oelen und dem Ammoniakwasser befreit werden; er wird entweder allein verwendet, oder er erhält einen Zusatz von schweren, durch trockene Destillation von Kolophonium gewonnenen Harzölen, oder von Schmieröl, das ein mit Paraffin gesättigtes und aus dem Petroleum, dem Erdpech oder bei der Solarölfabrikation aus Braunkohlen und Torf gewonnenes Mineralöl darstellt, oder von Kientheer, welcher durch trockene Destillation von Nadelhölzern u. s. w. erhalten wird, oder endlich einen Leinölzusatz.*) Durch diese fetten Stoffe erlangt die Pappe eine grosse Geschmeidigkeit von langer Dauer. Die mit nicht abdestillirtem (reinem) Steinkohlentheer getränkte Pappe nimmt schnell eine grosse Härte und Sprödigkeit an, von welcher der Name »Steinpappe« herrührt; sie bricht leicht beim Umbiegen und Begehen und hat eine geringe Dauer, weil sie sehr porös ist; die mit abdestillirtem Steinkohlentheer imprägnirte Pappe dagegen wird erst nach längerer Zeit hart, spröde und gebrechlich, ist viel weniger porös, haltbarer und wegen des höheren Harzgehaltes fester. Wird dem abdestillirten Steinkohlentheer natürlicher Asphalt, Harz, Kientheer, Schwefel u. s. w. zugesetzt und mit dieser Mischung die Pappe getränkt, so ist dieselbe ganz besonders gut zu Dacheindeckungen geeignet (Asphaltdachpappe), während ein Zusatz von Steinkohlenpech das Hartwerden der Pappe beschleunigt.

Um eine möglichst vollkommene Imprägnirung der Pappe zu erzielen, wurde (nach Gottgetreu, a. a. O., Bd. II, S. 494) vorgeschlagen, die mit Theer getränkte Pappe zu trocknen und dann in kaltes Wasser einzutauchen, damit sich der Theer von der Oberfläche der Pappe nach dem Inneren derselben ziehe. Hierauf soll die Pappe nochmals getrocknet, dann wiederholt in siedenden Theer getaucht und endlich mit feinem Kies, Steinpulver u. s. w. bestreut werden.

Der Anstrich des Pappdaches. Nachdem die Pappe auf der Dachschalung verlegt worden ist, erhält dieselbe einen Anstrich. Hierzu nur abdestillirten Steinkohlentheer zu nehmen, empfiehlt sich nicht, weil derselbe nach einiger Zeit hart und spröde und schliesslich durch Verwitterung ganz zerstört wird, und zwar geht diese Zerstörung umso schneller vor sich, je mehr kalkige Stoffe dem Theer zugesetzt werden.

Luhmann (»Die Fabrikation der Dachpappe«, Wien 1883) empfiehlt zu den Anstrichen hauptsächlich folgende Mischungen:

70 Theile abdestillirter Steinkohlentheer, 10 Theile schweres Mineralöl (Schmieröl), 20 Theile amerikanisches Harz;

*) »Handbuch der Architektur«, 1894, Bd. II, Heft 5, S. 15.

75 Theile abdestillirter Steinkohlentheer, 10 Theile Trinidad-Asphalt, 10 Theile Kientheer, 5 Theile Harzöl;

70 Theile abdestillirter Steinkohlentheer, 25 Theile Kientheer, 5 Theile Harz;

70 Theile abdestillirter Steinkohlentheer, 20 Theile Kolophonium, 8 Theile Leinölfirniss, 2 Theile feingepulverter Braunstein.

Auf den frischen Anstrich wird heisser, grobkörniger oder feingesiebter, scharfkantiger, thon- und lehmfreier Sand gestreut.

Zur Erhöhung der Haltbarkeit der Dachpappe ist der Anstrich von Zeit zu Zeit zu erneuern, damit die entstandenen Poren wieder verschlossen werden und die Pappe die durch die Einwirkung der Witterung und der Sonnenstrahlen verlorenen öligen Bestandtheile zurückerhält, wieder geschmeidig und durch einen Ueberzug geschützt wird. Der neue Anstrich ist aufzubringen, wenn der alte anfängt zu schwinden und die Pappe sichtbar wird. In der Regel ist ein zweiter Anstrich schon nach 2 Jahren nöthig (namentlich auf der Südseite des Daches), während der dritte, vierte u. s. w. meistens erst in Zwischenräumen von etwa 4—5 Jahren aufgebracht werden muss. Bei zu häufigem Theeren bildet sich auf der Pappe eine harte und dichte Kruste, die durch Aufstreuen von Sand noch begünstigt wird. Diese Kruste erhält bei Wärmeänderungen Risse und durch dieselben wird das Dach undicht. (Siehe »Handbuch der Architektur«, a. a. O., S. 27.) Es ist daher eine häufige Erneuerung des Anstriches mehr schädlich als nützlich.

Es ist auch empfohlen worden, die Pappe nach vollständiger Erhärtung des Anstriches noch mehrere Male mit einer Mischung von Kalkmilch und Kuhhaaren zu bestreichen, um die Verflüchtigung der im Steinkohlentheer enthaltenen ätherischen Oele nach Möglichkeit zu verhindern und der Dachpappe eine längere Wasserundurchlässigkeit zu verleihen. (Siehe: Gottgetreu, a. a. O., Bd. II, S. 495.)

Kennzeichen einer guten und einer schlechten Dachpappe. Gute Dachpappe muss zähe, von filzartigem Gefüge und so geschmeidig sein, dass sie bei wiederholtem Umbiegen nicht bricht; sie soll vom Steinkohlentheer vollständig durchdrungen sein, so dass ihr Inneres fettglänzend erscheint und sie an keiner Stelle eine theerfreie Schicht besitzt. Auch soll die Pappe nach 24 stündigem Liegen unter Wasser keine Gewichtszunahme zeigen; eine solche tritt ein, wenn die Pappe nicht vollständig imprägnirt oder aus schlechten Stoffen (z. B. aus Stroh und Holz) bereitet ist.

Schlechte Dachpappe bricht leicht, hat eine matte Farbe (hervorgerufen durch eine Tränkung mit Steinkohlentheer ohne Zusatz von natürlichem Asphalt u. s. w.), besitzt eine schiefrige Structur und fühlt sich lappig an (wenn nämlich wasserhältiger Theer zu ihrer Tränkung benutzt wurde).

Vortheile des Pappdaches: grosse Billigkeit des Deckstoffes; leichtere Dachconstruction wegen des geringen Gewichtes der Pappe; gute Ausnutzung des Dachraumes wegen der flachen Neigung der Sparren; Sicherheit und Schutz gegen Feuer, weil Pappe nur ganz langsam verkohlt und nicht mit heller Flamme verbrennt; grosse Dauerhaftigkeit bei sachgemässer Bereitung der Pappe, bei vollkommener Imprägnirung, bei sorgfältiger Eindeckung und rechtzeitiger Erneuerung des Anstriches; bequeme Herstellung und leichte Ausbesserung schadhafter Stellen. Nachtheile: Da die Pappe den beim Witterungswechsel eintretenden Bewegungen der Dach-

schalung nicht zu folgen vermag, so kann sie leicht Risse erhalten, auch wird sie im Laufe der Zeit durch die Einwirkung des Theeres mürbe und gebrechlich, so dass sie einem Hagelschlage keinen genügenden Widerstand zu leisten vermag.

Zweckmässigste Verwendung. Pappdächer sind hauptsächlich für Fabrik- und landwirthschaftliche Gebäude, Hallen, Baracken, Güterschuppen und kleinere Nebengebäude (Aborte u. s. w.) zu empfehlen. Sie müssen bei trockener und warmer Witterung hergestellt werden, damit sich der Theerüberzug mit der Pappe innig verbinden kann.

Doppellagiges Pappdach. Um die Haltbarkeit der Pappdächer zu erhöhen, wird mit Vortheil eine doppelte Lage Pappe auf die Schalbretter gebracht. Die untere besteht aus einer, einseitig mit Sand bestreuten, gewöhnlichen Dachpappenbahn, Lederpappe genannt, welche mit der gesandeten Seite nach unten verlegt wird. Die obere Bahn wird auf diese aufgeklebt und mit Sicherheitsdrähten in Entfernungen von etwa 1 *m* überzogen, um dem Pappdache eine grössere Steifigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Winddruck zu verleihen und die untere Papplage fester an die Dachschalung anzudrücken. Auf die obere Lage und auf die geglühten Banddrähte wird eine Isolirmasse aufgebracht, welche nach einem der obenerwähnten Luhmann'schen Recepte herzustellen ist. Als Anstrichmasse der oberen Deckhaut empfiehlt Luhmann u. A. eine Mischung von: 50 Theilen abdestillirtem Steinkohlentheer, 15 Theilen Trinidad-Asphalt, 10 Theilen paraffinhaltigem Mineralöl und 25 Theilen trockenem, feingemahlenem Thon. (Näheres über die Construction dieses Doppelpappdaches findet man u. A. im »Handbuch der Architektur«, a. a. O., S. 29 und 30.)

Ersatzstoffe. Statt der Theerpappe werden in neuerer Zeit zu Dacheindeckungen und namentlich für Barackenbauten folgende Baustoffe verwendet, die Verbesserungen der gewöhnlichen Dachpappe darstellen sollen. *)

1. Filzpappe. Zu ihrer Fabrikation benutzt man Wollhaare und Steinkohlentheer. Die Wollhaare gewähren einen besseren Schutz gegen

15 *m* und in der Breite von 1 *m* in den Handel. Sie haben sich gut bewährt, sind aber ziemlich theuer.

4. Präparirte Dachpappentafeln der Döcker'schen Barackenfabrik zu Niesky (Oberlausitz). Dieselben sind einseitig oder auf beiden Seiten mit Leinwand bekleidet und sollen sich zu Eindeckungen zerlegbarer und tragbarer Tropenbaracken gut eignen.

5. Barackenpappe von Rabitz und Stabsarzt a. D. Dr. Eltze in Berlin. Sie besteht aus mehreren Lagen, die der Feuersicherheit wegen mit einem hauptsächlich aus Asbest bestehenden Bindemittel mit einander vereinigt sind und eine Dicke von zusammen etwa 1 *cm* besitzen. Werden diese Tafeln in einen Rahmen eingespannt, so besitzen sie eine genügende Widerstandsfähigkeit gegen die Witterungseinflüsse; verwendet man sie dagegen ohne Rahmen, so dringt die Feuchtigkeit von der Schnittkante aus in die Pappe ein, wodurch die letztere sehr bald zerstört wird. Um die Tafeln gegen Regen und Feuer zu schützen, werden dieselben mit entsprechenden Anstrichen versehen.

6. Asphaltfilz; siehe Asphalt (§ 237).

7. Sturmpappe von Benrath und Franck in Gelbe Mühle bei Düren (Rheinland).

Die Sturmpappe besteht aus einem starken Jutegewebe, verbunden mit lochfrei gearbeitetem festen Manilapapier. Sie kommt in Rollen von 100 und 140 *cm* Breite und bis zu 200 *m* Länge in den Handel. Ihr specifisches Gewicht ist ein sehr geringes, da sie etwa 10mal so leicht wie mittelschwere Dachpappe ist.

Nach den Untersuchungen der königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien in Charlottenburg-Berlin ist die Sturmpappe der besten Dachpappe an Reisslänge (also an Widerstandsfähigkeit gegen Sturmeinwirkung) $12\frac{1}{2}$mal und an Dehnungsfähigkeit, ohne Risse zu erhalten, 5mal überlegen. Die Untersuchungen auf Wasserdurchlässigkeit, bei denen die Proben 9 Tage lang einer auf ihnen ruhenden Wassersäule von 20 *cm* Höhe bis zu 4 *m* Höhe steigend ausgesetzt waren, ergaben bei sämmtlichen (sechs) Proben kein Durchsickern des Wassers, während von 10 Proben bester Dachpappe, die unter dem verhältnissmässig geringen Druck einer Wassersäule von 5—25 *cm* Höhe untersucht wurden, 8 nach höchstens einem Tage und 18 Stunden Wasser hindurchsickern liessen, während 2 Proben nach 9 Tagen dicht blieben; von letzteren war eine mit einer nur 5 *cm* hohen, die andere mit einer 10 *cm* hohen Wassersäule belastet und geprüft worden.

Die Sturmpappe dient nur zur Eindeckung von Dächern. Ein mit diesem Stoff eingedecktes Dach soll kaum den zwanzigsten Theil Klebe- und Flickstellen aufweisen wie ein gewöhnliches Pappdach.

Die Eindeckung geschieht zwischen dreieckigen Leisten, welche in gleichen, von der Breite der Rolle abhängenden Abständen vom First bis zur Traufe auf die Bretterverschalung genagelt werden, und weiter in der Weise, dass die Gewebeseite nach aussen und die Papierseite also auf die Dachverschalung kommt. Zur Befestigung der Sturmpappe werden in Entfernungen von 15—20 *cm* Dachnägel von 25 *mm* Länge und mit breitem Kopf eingeschlagen.

Die Verbindung der Stösse erfolgt dadurch, dass das Ende der auf dem Dache befestigten Rolle etwa 10 *cm* breit mit einer kräftigen, heissen

Tischlerleimlösung oder mit heissem Asphaltlack überstrichen, dann die neue Rolle 10 *cm* breit darübergelegt und mit den Händen gut angedrückt wird. Bei den Mauer- und Schornsteinanschlüssen wird die Pappe etwa 15 *cm* in die Höhe gebogen und an die Mauer mittelst Asphaltlack festgeklebt. Auf die Leisten werden Schutzkappenstreifen aus Sturmpappe aufgenagelt, welche in einer Breite von 9 *cm* und bis zu 20 *m* Länge vorräthig gehalten werden. Die Sturmpappe ist dort, wo sie die Kappe später überdeckt, vor dem Ueberdecken zweckmässig einmal mit Theer zu überstreichen. Die Entfernung der Nägel soll bei dieser Befestigung nur etwa 3 *cm* betragen.

Das fertige Dach wird mehrere Male (in geeigneten Zwischenräumen) mit heissem Asphalttheer (aus 100 Gewichtstheilen Steinkohlentheer und 15 Gewichtstheilen Blockasphalt) oder, wenn derselbe nicht beschafft werden kann, mit gutem Steinkohlentheer (ebenfalls erhitzt) mittelst Theerschrubber überzogen. Durch diese Theeranstriche erlangt die Sturmpappe erst ihre Wasserdichtigkeit. Alljährlich — zur Sommerzeit und bei gutem Wetter — ist dieser Theeranstrich zu erneuern.

8. Gepresste Oelpappe von Gebrüder Adt in Forbach.

Die Pappe stellt eine sehr harte, leichte, wasserdichte und schwer entzündbare Masse dar, die sich mit Schneidewerkzeugen sehr gut bearbeiten lässt. Ihre Dicke beträgt bis 6 *mm*. Pappe in 6 *mm* Stärke bleibt selbst nach stundenlangem Liegen unter Wasser (von Stubenwärme) hart, während dünnere Sorten hierbei aufweichen.

9. Falzbautafeln nach dem Patente von Fischer.

Dieselben werden von der Falzbaupappenfabrik zu Rawitsch (Provinz Posen) in den Handel gebracht, und zwar in einer Länge von 3 *m* und in einer Breite von 1 *m*. Ihren Querschnitt zeigt Figur 438. Man benutzt sie mit Vortheil zur Isolirung feuchter und kalter Wände, zum Schutz von Holzpaneelen gegen den Einfluss der Wandfeuchtigkeit, zur Herstellung von fäulniss-, dunst- und feuersicheren Stall- und Fabrikdecken und Dächern, zum Schutz von hölzernen Fussböden gegen Holzschwamm, zur Herstellung von Kühlräumen und Eisbehältern, zur Bekleidung von Fachwerkbauten aller Art, zur Isolirung von Balkenköpfen und in die Erde gerammten Pfählen u. s. w. Wenn man diese Tafeln mit glatten Platten beiderseits bekleidet (Fig. 439), so eignen sich dieselben auch zur Herstellung selbständiger Wände. Auf dieselben kann ohne Mörtelputz unmittelbar tapezirt oder ein Anstrich aufgetragen werden.

10. Asphaltleinenplatten von Randhahn in Waldau bei Osterfeld.

Zwischen zwei Asphaltpapierlagen ist ein Jutegewebe geklebt. Die Platten sind 2 *m* lang und 1 *m* breit. Man verwendet sie hauptsächlich zu Dacheindeckungen an Stelle von Holzcement, wenn letzterer — z. B. während des Winters — nicht angewendet werden kann. Um eine genügende Dichtigkeit und Widerstandsfähigkeit zu erhalten, müssen auf der Dachschalung mehrere Platten übereinander verlegt werden.

11. Biegsame Metallplatten, welche sehr dünn gewalzt, mit Fett getränkt und durch Wasserblei- oder Leinölfirniss-Anstriche gegen die Witterungseinflüsse geschützt werden.

Als Anstrichmasse für Pappdächer werden noch empfohlen:

a) L. Mack'scher Oelcement. Derselbe wird nach folgendem Recept bereitet: 100 Gewichtstheile gutes Leinöl werden mit 5% Braunstein etwa 8 Stunden lang in einem Kupferkessel gekocht, dann werden 10 Theile Schwefelblüthe und 10 Theile Harz darin aufgelöst. Nach dem Erkalten wird diese Mischung filtrirt und in ihr eine Mischung von 2 Gewichtstheilen geschlämmtem Graphit, 2 Theilen Eisenmennige, 16 Theilen Cement, 16 Theilen schwefelsaurem Baryt, 4 Theilen Bleioxyd und 2 Theilen alkoholisirter Silberglätte abgerieben.

b) Hiller'scher Mastix. Diese Masse enthält schwer zu verdampfende Kohlenwasserstoffe, ist elastisch und gegen Nässe und Wärme ziemlich widerstandsfähig; sie liefert nach dem Trocknen einen fest anhaftenden Ueberzug.

c) Vulcancement.

Steinpappe zu Verzierungen im Inneren.

Zur Herstellung von Rosetten und Stucknachahmungen von Kapitälen, Rahmen, Leuchtern, Ampeln u. s. w. wendet man nach Mothes (a. a. O., Bd. IV, S. 267) hauptsächlich die folgenden beiden Verfahren an:

1. Man vermischt 18 *g* Schlämmkreide mit 1 *kg* feinem Gyps, dann kocht man 60 *kg* trockene Papierstreifen, zerreibt oder zermalmt dieselben fein und vermischt sie mit 15 *g* feingestossenem Alaun und 4 *g* roher Baumwolle. Diese Mischung wird der ersteren zugesetzt und auf das Ganze eine Mischung von $2^1/_2$ *kg* gutem Leim und $1^1/_2$ *kg* feinem Firniss heiss gegossen, welche in 2 *l* Flusswasser eine Stunde lang bei gelindem Feuer gekocht wurde. Hierauf wird die ganze Masse sofort tüchtig und so lange umgerührt, bis sie anfängt steif zu werden, dann in Gyps- oder Zinkformen fest eingedrückt und mit der Form in einer Trockenkammer bei 35—50° *C.* Temperatur 24 Stunden lang getrocknet und endlich ausgeformt. — Die auf diese Weise hergestellten Gegenstände sollen eine grosse Festigkeit besitzen und polirt werden können; man kann sie beliebig färben, auch vergolden und versilbern.

2. Faserstoffe werden in einem Holländer zertheilt und 1 Theil derselben mit 3 Theilen Wasserglas, 1 Theil Kalk, 2 Theilen Thon, 1 Theil Sand und 2 Theilen Zinkoxyd innig vermischt, die zusammengemahlen wurden. Diese Masse ist knetbar und kann auch zu Dacheindeckungs-, Fussböden- und Wandbekleidungsplatten verarbeitet werden. Sollen diese Platten eine glatte Oberfläche erhalten, so werden die Formen vorher im Inneren mit einer Masse überzogen, die aus denselben Stoffen besteht, jedoch keine Faserstoffe enthält und dünner angemacht ist.

§ 270. Asbestpapier, Asbestleinen Asbestplatten mit Metalleinlage.*)

1. Asbestpapier von Gaspard Meyer in Paris (D. R. P. Nr. 28133).

Um ein feuerbeständiges Papier für Tapeten, Decorationsstücke, wichtige Documente u. s. w. zu erhalten, vermahlt Meyer gereinigte, cardirte, mit Chlorkalk gebleichte und dann gewaschene Asbestfasern unter Zusatz von 8—10% Kali- oder Natronwasserglas, auch wohl von 4—5% organischem

*) Siehe W. Venerand, »Asbest und Feuerschutz«, Wien, Hartleben's Verlag, 1886, S. 111—140.

Papierstoff und, wenn es sich um die Fabrikation von **weissem** Papier handelt, von feinem Glimmer- oder Talkpulver in Holländern zu Stoff, bereitet aus demselben einen dünnen Brei, entzieht diesem durch Schöpfen, Pressen und Trocknen allmälig den Wassergehalt und leimt ihn mit einer Mischung aus etwa 4% Gelatinelösung und 6% Wasserglas, um dem Papier selbst im stärksten Feuer den erforderlichen Zusammenhang in der Structur zu geben und das Färben des Papiers in der Masse mit feuerbeständigen Farben (aus feuerbeständigen Thonen und Ultramarinen unter Zusatz von Zinkweiss, auch Wasserglas [bei Oelfarben] oder Glycerin [bei Wasserfarben]) zu erleichtern. Oder er stellt aus dem erwähnten Gemenge zunächst den fertigen Papierbogen her und bewirkt die mineralische Leimung durch Eintauchen desselben in ein Bad aus flüssigem Natron- oder Kaliwasserglas mit 1% Glycerinzusatz. Eine **zweite** Leimung mit Thierleim, die in gewöhnlicher Weise vorgenommen wird, dient nur dazu, dem Papier einigen Glanz und Geschmeidigkeit zu verleihen. Auch zum Beschreiben und Bedrucken des Papiers sind feuerbeständige Tinten oder Farbstoffe zu verwenden, damit sich die Schriftzüge (oder der Druck) mit der Papiermasse im stärksten Feuer durch Verschmelzung fest verbinden können.

Versuche haben ergeben, dass derartig hergestelltes Papier nach dem Glühen bröckelig, schwarz und russig, also nicht mehr verwendbar wird, so dass man aus ihm hauptsächlich nur unverbrennliche Theaterdecorationen herstellen kann.

Man hat auch Kästen und Koffer aus diesem Papier gefertigt und in in ihnen Kleidungsstücke von Cholerakranken einer starken Hitze ausgesetzt; beim Oeffnen der Koffer fand man diese Kleidungsstücke unversehrt und vollständig desinficirt vor. Solche Kästen eignen sich auch vorzüglich zur Aufbewahrung von wichtigen Schriftstücken in Archiven u. s. w.; sie werden mit vollkommen luftdichtem Verschlusse von der »United Asbestos Company« in London hergestellt. Die Meyer'sche Erfindung macht es auch möglich, Glasurfarben für Porzellanmalereien u. s. w. einer Vorprüfung im Atelier zu unterziehen, sowie Bilder vorher auf Papier zu malen und dann auf Porzellan zu übertragen. (Siehe »Industrieblätter«, 1885, S. 21.)

Eisen-, Stahl-, Kupfer-, Messing-, Platin- oder Zinkdraht, galvanisirt, oder nicht galvanisirt, oder Faserstoffgarn (Zwirn, Hanf, Flachs, Seide, Wolle, Baumwolle, Jute, Haare u. s. w.) werden mit Asbestfasern so übersponnen, dass die Einlage allerseits gleichmässig eingeschlossen ist. Aus diesen Fäden fertigt man gewirkte, geflochtene, gestrickte, gehäkelte u. s. w. Gewebe, welche zu Theatervorhängen, Kleidungen, Feuerwehrgegenständen, auch zu Filtertüchern und Filtersäcken, ferner wenn ihre Einlagen aus schlechten Wärmeleitern bestehen, zu Isolirungen u. s. w. benutzt werden können.

4. Asbestleinen-Eisenfilz von J. C. Kirchner und G. Goepel in Schweinfurt. (D. R. P. Nr. 20697).

Ein Gemisch von Asbestfasern und Leinen- oder Baumwollen- oder Wollenfasern wird auf dem Holländer zermahlen, dann ausgepresst und hierauf mit dünner Leim- und Wasserglaslösung zu einem flüssigen Brei angerührt. Dieser Brei wird auf ein Eisendrahtgeflecht gegossen, so dass die Fasern in die Maschen eingezogen werden, und das Drahtgeflecht dann durch Nasspresswalzen und endlich durch einen Calander geführt. Man benutzt diesen Stoff vornehmlich zu Theaterdecorationen.

5. Superatorplatten von J. Nagel in Galgocz (Ungarn). (D. R. P. Nr. 19808.)

Das Verfahren zur Herstellung dieser Platten ist ein verschiedenes.

Die J. H. Rheinhardt'sche Fabrik in Würzburg wendet das folgende an: 100 Theile von gequetschtem, aufgelöstem und gereinigtem canadischen Asbest werden mit 75—350 Theilen frisch geglühtem Zinkoxyd, Magnesia, Gyps oder Kalk und Erdfarben innig vermischt. Aus diesem Gemenge wird auf Krempelmaschienen eine Watte hergestellt, in deren Inneres ein Drahtgewebe oder Drahtgeflecht eingelegt ist. Die Watte wird nun in ein Walzwerk gebracht, in welchem sie eine Zinkchloridimprägnirung erhält, indem durch eine Zinkchloridlösung laufende Gurte oder Pressfilze ohne Ende auf sie gepresst werden. Hierauf wird die Watte durch eine Transportvorrichtung so lange fortgeführt, bis sie vollständig erhärtet ist. Sodann gelangt das Fabrikat in ein starkes Glättwerk. Nach dem Verlassen desselben wird es ausgewaschen, getrocknet, durch eine Lösung von palmitinsaurer Thonerde geführt, beschnitten und zum zweiten Male gepresst.

Diese Superatorplatten stellen einen unverbrennlichen, wasserdichten, wenig voluminösen, biegsamen, anstrich- und polirbaren, auch rollbaren Stoff dar, welcher grosse Leichtigkeit besitzt (specifisches Gewicht der stets mit Luftblasen erfüllten Masse = 1·5), fest, unzerreissbar und widerstandsfähig gegen die Einflüsse der Witterung, heisser Dämpfe und Gase ist und sowohl Wärme wie Schall und Elektricität schlecht leitet.

Die Superatorfabrikate kommen hauptsächlich in drei Formen in den Handel, nämlich als Superatorlinnen, eine feste dünne Leinwand von 500—700 *g* Gewicht, als Superatorcarton, von consistenterer Beschaffenheit und 700—800 *g* wiegend, und als Superatorplatten, ein pappartiges Fabrikat von 1000—1200 *g* Gewicht für das Quadratmeter. Die Breite dieser Fabrikate beträgt 1 *m*, die Länge ist beliebig; man kann Rollen von 10, 20 und 30 *m* Länge von der Fabrik beziehen.

Man kann die Superatorfabrikate verwenden als Feuerschutzplatten für Theater u. s. w., zu Dacheindeckungen, Barackenbauten und Kriegslazarethen, ferner zur Herstellung von Gebäuden in den Tropen, zu Feuerwehrgegenständen,

als Isolirungsmittel für Leitungsröhren, Kessel, Dampfcylinder u. s. w., als Füllstoff für Cassenschränke, als Feuerschutzmittel bei eingetretener Feuersgefahr (durch Auflegen von Superatordecken auf den brennenden Gegenstand) u. s. w. Bei Isolirungen wird auf den Kessel u. s. w. zunächst ein Gemenge von Wasserglas, Federweiss, Thierhaaren, Korkstückchen und Pflanzenfasern 2—5 *cm* dick aufgetragen und dann diese Schicht mit Superatorplatten bekleidet.

§ 271. Unterlagsfilzplatten.

Eisenfilz der Filzfabrik A. G. Adlershof in Berlin.

Der Filzstoff wird aus der Wolle von Wildschafen hergestellt, wobei man sich besonderer Maschinen bedient, und mittelst hydraulischer Presse ausserordentlich kräftig zusammengepresst, ohne dass er dadurch seine Elasticität einbüsst. Der Filz wird hierauf mit geeigneten Fetten (z. B. mit Stearin oder Paraffin) imprägnirt, um ihn wasserdicht zu machen, und oberflächlich nach besonderem, durch Patent geschütztem Verfahren mit Chromalaun behandelt, wodurch er eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen äussere mechanische Angriffe, sowie gegen die schädliche Einwirkung von Schmieröl erlangt. Obwohl der Eisenfilz eine bedeutende Druckfestigkeit besitzt (bis etwa 1000 *kg* für das Quadratcentimeter), beansprucht man ihn in der Praxis doch nur mit höchstens 25 *kg* für das Quadratcentimeter. Die Platten werden in Stärken von 10, 15, 20 und 25 *mm* und in verschiedenen Längen und Breiten angefertigt.

Die Verwendung des Eisenfilzes ist eine sehr vielseitige. Hervorzuheben ist, dass er, zwischen den Fundamenten von schnell laufenden und geräuschvoll arbeitenden Maschinen, von Dampfhämmern u. s. w. verlegt, die schädlichen Erschütterungen im Gebäude und die Schallübertragung auf benachbarte Wohnräume wesentlich vermindert. Man ordnet ihn, um die Uebertragung der durch vorbeifahrende schwere Fuhrwerke u. s. w. hervorgerufenen Erschütterungen zu verringern, in den Fundamenten der Umfassungsmauern von Wohngebäuden an, verwendet ihn zur Isolirung von Trägern und Säulen, um die Schallüber-

in Hirschberg in Schlesien im Jahre 1839 erfundenen Baustoff zur Eindeckung flacher Dächer, namentlich Pultdächer, meistens in folgender Weise: Auf die zum Schutze gegen Fäulniss und Schwammbildung mit Zinkchlorid oder Carbolineum Avenarius getränkte Dachschalung wird zunächst eine etwa 2—3 *mm* hohe Sand- oder Aschenschicht zum Zwecke der Ausgleichung aller Unebenheiten der Unterlage und der Verhütung des Zerreissens der ersten Papierlage in Folge Werfens und Verziehens der Schalbretter, oder eine Lage dünner Dachpappe, welche durch Nägel befestigt wird, oder eine Lage Papier, das mit Asphalt und Theermasse durchtränkt ist, aufgebracht. Auf diese Unterlage kommt eine Lage Rollenpapier, welche einen mit einer weichen Bürste aufzutragenden Anstrich von erwärmtem, dünnflüssigem Holzcement erhält. Auf diese wird eine neue Papierlage gebracht und gleichfalls angestrichen und dies wird so lange fortgesetzt, bis vier Papierlagen aufgebracht sind. Auf die oberste kommt nochmals ein Anstrich, und zwar am besten aus einer Mischung von 50 Theilen abdestillirtem Steinkohlentheer, 15 Theilen Trinidad-Asphalt oder Kolophonium, 10 Theilen paraffinhaltigem Mineralöl oder 5 Theilen Harzöl und 25—30 Theilen feingepulvertem und getrocknetem Thonschiefer. Dieser Anstrich wird mit einer 10—15 *mm* hohen Lage aus feinem Sand, feinem Steinkohlengrus oder pulverisirter Schmiedeschlacke bedeckt, auf welche eine 6—10 *cm* dicke Schicht aus gröberem Kies, den man mit Lehm, Thon, Lette u. s. w. oder Chausseeschlamm vermischt, aufgebracht wird. Schliesslich kann man noch eine Schicht Mutterboden aufschütten, um auf dem Dache eine Rasenbleiche anzulegen oder Sträucher und Blumen anzupflanzen.

Ein Holzcementdach ist zwar in der ersten Anlage etwas theuer, erfordert aber bei sachgemässer Herstellung fast gar keine Unterhaltungskosten, da seine Haltbarkeit und Dichtigkeit sehr gross ist; es ist feuersicher und besitzt eine ausserordentliche Widerstandsfähigkeit gegen starken Winddruck und Hagel. Die Holzcementdeckung lässt sich auch auf massiver Unterlage gut anwenden.

§ 273. Wasserdichte Leinwand und ähnliche Stoffe.*)

Wasserdicht gemachte, gewebte und gewalkte Stoffe werden nicht nur zu Zelten, sondern auch zur Bekleidung von Baracken, zur Eindeckung von Dächern, zur Herstellung von Fussböden u. s. w. benutzt. Soll zu Dacheindeckungen Segeltuch verwendet werden, so wird dasselbe mit Theer getränkt, dann auf die Schalung gespannt, zum zweitenmale mit ganz dünnflüssigem Theer bestrichen und dreimal mit feinem Sand oder Steinkohlenschlackenklein oder Hammerschlag gepudert und schliesslich geweisst.

Das von Fröhlich und Wolff in Cassel fabricirte Tectolin, eine wasserdicht gemachte Leinwand, dient ebenfalls zu Dackeindeckungen, kann aber auch zu Wandbekleidungen Verwendung finden.

Die von der Hamburger Jute-Spinnerei in den Handel gebrachte präparirte Leinwand wird zum Bedecken von Fussböden, Wänden und Dächern empfohlen.

*) Siehe: Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, Bd. II, 1882, S. 114. — W. Lange, »Der Barackenbau«, 1895, S. 20—22. — »Handbuch der Architektur«, Th. III, Bd. II, Heft V, S. 45—48.

und in den Calandern durch gewaltige geheizte Presswalzen auf eine fäulnissbeständig gemachte Juteunterlage von 120 *m* Länge je nach der beabsichtigten Stärke des Korkteppichs in stärkerer oder schwächerer Schicht aufgewalzt und endlich durch zwei Polierwalzen geglättet wird. Ist dies geschehen, so wird die Juteunterlage, welche die Rückseite des Linoleums bildet, gefirnisst, sowie mit einem Menniganstrich versehen, und der Stoff alsdann in lange, geheizte Trockenschuppen gebracht, in welchen er etwa 2 Monate lang bleiben muss.

Handelt es sich nur um einfarbige Ware, so muss dieselbe nach dem Verlassen des Trockenhauses noch etwa 4 Monate lang im Lagerhause stehen, ehe sie versandt werden kann. Soll jedoch das Linoleum gemustert werden, so gelangt es vom Trockenhaus in die Druckerei, um hier mit Oelfarben von feinster Beschaffenheit und grösster Haltbarkeit mittelst messingenen quadratischen Druckblöcken von etwa 50 *cm* Seitenlänge durch Handpressen bedruckt zu werden. Diese Druckformen werden von der Delmenhorster Linoleumfabrik selbst hergestellt und bereiten eine ausserordentliche Mühe, da die Fertigstellung einer einzigen Form fast ein Jahr Zeit beansprucht. Nach dem Bedrucken wird das Linoleum nochmals in den Trockenraum gebracht und in demselben 2—3 Monate lang belassen.

Das Delmenhorster Ankerlinoleum wird entweder einfarbig, gewöhnlich rothbraun, oder in geschmackvollen Teppich-, Fliesen- oder Parkettmustern hergestellt; ferner nach einem besonderen Verfahren, welches der Fabrik patentirt ist, als Granit-. Schattirt- oder Gescheckt-Linoleum, bei welchem die Musterung bis zur Rückseite durch den Stoff hindurchgeht und daher im Gegensatz zu dem bedruckten Linoleum niemals abgetreten werden kann. Diese ausserordentlich haltbare Ware steht natürlich im Preise viel höher. In neuester Zeit ist die Delmenhorster Linoleumfabrik auch mit der Herstellung von Linoleum mit durchgehenden Teppich- und Parkettmustern beschäftigt, das noch im diesem Jahre (1898) in den Handel gebracht werden soll.

c) Herstellung des Taylor'schen Linoleums (Corticine). Der Unterschied zwischen dem Walton'schen und dem Taylor'schen Verfahren, von deren jedem es übrigens mehrere Modificationen giebt, besteht hauptsächlich in der Oxydation des Leinöles. Während bei dem Walton-System, wie oben bemerkt, das Leinöl auf natürliche Weise — vorwiegend durch Luft — oxydirt wird, erfolgt die Oxydation des Leinöles bei dem Taylor-System durch Einkochen, also vorwiegend durch Hitze.

Ferner verwendet man zur Herstellung dieses Linoleums keine Kowri-Copale. Das Taylor'sche Verfahren stellt sich etwas billiger in Folge des geringeren specifischen Gewichtes der Masse und eignet sich daher vorzugsweise zur Massenfabrikation, d. h. zur Herstellung einer Ware, die allen Schichten des Publicums in Folge des billigen Preises zugänglich gemacht werden kann.

Um der grossen Verbrauchssteigerung zu genügen, wird in der Rixdorfer Fabrik das langwierige Handdruckverfahren nur für gewisse Mustereffecte beibehalten, im Uebrigen aber eine kunstvoll construirte Druckmaschine benutzt, welche nach Art der Kattun-Druckmaschinen mittelst Walzen die Muster aufträgt und in kurzer Zeit beträchtliche Massen von Linoleum zu

bedrucken vermag, da sie in drei Minuten dasselbe leistet, was ein geschickter Handdrucker in einem Tage fertigstellt.

Das Linoleum wird in Dicken von 1—5 *mm* hergestellt und in abgepassten Stücken (Teppichen, Vorlegern u. s. w.) oder in verschieden langen Bahnen von 2 *m* Breite geliefert; die gangbarsten Sorten haben eine Stärke von 2—4 *mm*.

d) Eigenschaften des Linoleums. Das Linoleum besitzt mannigfache Vorzüge: Es ist ausserordentlich dauerhaft, leicht zu reinigen, schalldämpfend, ziemlich feuerbeständig, da es nur sehr langsam verbrennt, und wasserdicht; es schliesst die Zugluft ab und liefert im Sommer einen kühlen, im Winter einen warmen Fussboden, es ist kein Staubfänger, erleichtert ungemein das Gehen, vermeidet ein Ausrutschen, wie dies beim Parkettfussboden so leicht möglich ist, sieht immer sauber aus, ist elastisch und erzeugt beim Begehen kein Geräusch. Man kann annehmen, dass gutes Linoleum in Wohnräumen 12 Jahre lang, durchgemustertes Delmenhorster Ankerlinoleum sogar 20 Jahre lang hält.

Nach den Ermittelungen der »königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien zu Charlottenburg« besitzt das Ankerlinoleum eine Zugfestigkeit von durchschnittlich 64·5 *kg* für das Quadratcentimeter und zeigt beim Zerreissen eine Verlängerung von durchschnittlich 9·1%. Die Untersuchungen ergaben, dass dieses Linoleum weder Wasser aufnimmt noch durchlässt, und dass sich ein Probestück von 50 cm^2 Schleiffläche bei einer Belastung von 30 *kg*, sowie bei 440 Umgängen der Schleifscheibe (unter Anwendung von 20 *g* Naxos Schmirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge pro Minute) und für den Schleifhalbmesser von 22 *cm* nur um 1·8 cm^3 abnutzt (unter gleichen Verhältnissen beträgt diese Abnutzbarkeit z. B. beim Granit 4·1—4·7, beim Eichenholz 7·3—8·3, beim Mamor 24—24·7, bei Thonplatten 4·0—5·4 cm^3).

Das specifische Gewicht des Ankerlinoleums beträgt im Mittel 1·083, und es ist die Walton'sche Ware um etwa 15% schwerer als die Taylor'sche, demnach feinporiger und inniger zusammengepresst.

e) Verwendung. Man benutzt das einfarbige, durchgemusterte, schattirte und gescheckte Linoleum hauptsächlich zum Belegen von Fussböden in Wohn- und Geschäftsräumen, Treppen und Corridoren, Küchen und Badezimmern, Schulen und Krankenhäusern, Amtsgebäuden und Gefängnissen u. s. w. Für Räume, die stark begangen werden, eignet sich vorzüglich das Anker-Granitlinoleum, weil es in Folge seiner Durchmusterung dauernd haltbar ist; für Esszimmer und solche Räume, in denen sich Eichenmöbel und Holzlambris befinden, dient das in Holztönen hergestellte, von Parkettfussböden kaum zu unterscheidende Parkettlinoleum, für Prunkräume das neue, in 17 Farben ausgeführte, durchgemusterte, teppichartige sogenannte Inlettlinoleum, zu abgepassten Teppichen und Vorlegern das bedruckte, für Decks auf Kriegs- und Kauffahrteischiffen das einfarbige, endlich für Wandbekleidungen in Küchen und Badezimmern das sogenannte Wandlinoleum, welches das Aussehen eines Mettlacher Fliesenbelages besitzt, als Ersatz für diesen gilt und vor demselben den Vorzug hat, dass es nur etwa den dritten Theil kostet und ohne Fugen ist.

Man kann das Linoleum nicht blos auf Holzfussböden und Holztreppen, sondern auch auf Cement- oder Gyps-Estrich, Steinfussböden und Steintreppen, Pappunterlagen u. s. w. verlegen. Eine sehr empfehlenswerthe

Deckenconstruction, welche Feuersicherheit besitzt, dem Ungeziefer und den Mäusen keine Schlupfwinkel bietet und kein Scheuerwasser aufnimmt, bilden preussische Kappen oder Cementbeton zwischen eisernen Trägern mit Gyps-Estrich und Linoleumbelag.

Das Linoleum darf nicht eher verlegt werden, als bis seine Unterlage (Holzfussboden, Estrich, Beton u. s. w.) vollständig ausgetrocknet ist, anderenfalls entsteht Schimmelbildung, welche unangenehme Gerüche erzeugt und allmälig zerstörend auf das Linoleum trotz seiner wasserdichten Rückseite einwirkt; auch hindert der wasserdichte Linoleumbelag bei Holzfussböden deren Austrocknung, so dass Fäulniss entstehen kann. Das Linoleum wird entweder auf seine Unterlage aufgenagelt oder mittelst Copal-Harzkitt vollständig aufgeklebt. Auf Marmor-, Stein-, Cement- und Asphaltboden, sowie auf Stein-, Marmor- und Eisenstufen wird das Linoleum auch mit wasserfreiem Cementleim aufgekittet und bei Verwendung auf Gyps und Kalkestrich auf eine Filzpappenunterlage mit Kleister aufgeklebt, die selbst auf den Estrich geklebt und an den Nähten des Linoleums, sowie an den äusseren Kanten zur Verhinderung des Durchnässens mit wasserdichtem Kitt handbreit bestrichen wird.

Linoleum wird nach dem Abfegen mit kaltem oder warmem Seifenwasser mittelst einer nicht zu harten Bürste gescheuert, nach Entfernung des Schmutzwassers mittelst Tüchern mit klarem, kaltem Wasser abgewaschen, mit einem reinen Tuch getrocknet und mit einer Conservirungsmasse aus Oel und Bienenwachs eingerieben, wobei man sich am besten eines Wollläppchens bedient. Je nach der Benutzung der Räume ist diese Conservirung alle 4—6 Wochen vorzunehmen. Soda und sodahaltige Seife dürfen zum Reinigen des Linoleums nicht benutzt werden, weil diese Stoffe Fette lösen und sehr bald die Oelfarben zerstören.

2. Korkplatten.

Die deutschen Korkwerke (G. m. b. H.) in Bremen stellen seit einiger Zeit aus gepresstem Kork in Form von Platten eine Ware her, welche für die verschiedensten Zwecke gut geeignet ist. Das Verfahren besteht darin, dass sorgfältig gereinigte und geschrotete Korkabfälle mittelst starker hydraulischer Pressen unter Anwendung eines Bindemittels zu Platten von sehr verschiedener Dichtigkeit zusammengepresst und einer Erwärmung ausgesetzt werden.

Diese Platten zeichnen sich durch eine grosse Festigkeit, durch Unempfindlichkeit gegen Nässe und Hitze und durch Dauerhaftigkeit aus; sie bilden einen vorzüglichen Isolirungsstoff, eignen sich vortrefflich zu Wandbekleidungen für Wohn- und Schiffsräume, zum Belegen von Fussböden und Schiffsdecks und finden auch Verwendung als Vorleger vor Badewannen, zur Herstellung von Fahrradgriffen und Pedalen, von Korkspunden, Schuhsohlen, Verdichtungsscheiben u. s. w. In neuester Zeit hat man aus dieser Korkmasse auch Schleif- und Polirscheiben gefertigt, denen nachgerühmt wird, dass sie sehr elastisch sind, wenig wiegen, gegen Nässe und Hitze eine grosse Widerstandsfähigkeit besitzen, ihre Form nicht verändern, die feinsten Polirarbeiten gestatten, nicht leicht zerreissen, keines Ueberzuges von Leder oder einem anderen weichen Stoff bedürfen, die Polirblöcke nur wenig beanspruchen, und dass auf sie die zur Verwendung kommenden Schleif- und Polirmittel unmittelbar aufgetragen werden können.

(Vergl. auch § 99, Korksteine.)

§ 275. Tapeten.*)

Zum Bekleben von Zimmerwänden, auch Zimmerdecken u. s. w. benutzt man Tapeten aus verschiedenen Stoffen. Man unterscheidet:

1. Papiertapeten. Dieselben werden in Rollen von 8 *m* Länge und 47 *cm* (ausnahmsweise und bei sehr grossen Mustern bis 70 *cm*) Breite aus glattem oder geripptem Maschinenpapier hergestellt, welches durch Walzendruck oder (bei besseren Sorten) durch Handdruck mittelst Leim-, Oel- oder Wachsfarben nach voraufgegangener Grundirung gemustert wird. Erfolgt die Grundirung mit Lasurfarben, so wird das Papier vorher geleimt, benutzt man jedoch zur Herstellung des gleichmässigen Farbengrundes Deckfarben, so bleibt das Papier ungeleimt. Die Grundirung wird durch Handarbeit oder mit Hilfe von besonderen Grundir- oder Fonciermaschinen bewirkt, deren Filzwalzen die Farbe aufnehmen und auf das Papier übertragen. Nach dem Trocknen des ersten Anstriches wird das Papier geglättet und dann bedruckt (einfache, matte Tapeten) oder vor dem Bemustern satinirt (Glanztapeten), indem man alle kleinen Vertiefungen der Oberfläche mit Talkpulver ausfüllt, das mittelst Bürsten eingerieben wird. Es empfiehlt sich bei Tapeten, die satinirt werden sollen, der Grundfarbe Gyps hinzuzusetzen. Sind nur einzelne Stellen der Tapete zu satiniren, so deckt man auf die Tapete vor dem Bürsten eine Schablone.

Beim Handdruck benutzt man Formen, welche aus mehreren, kreuzweise zusammengeleimten Brettern bestehen, die mit einem Brette aus feinfaserigem Buchsbaumholz bedeckt sind, welches das Muster enthält. Die feineren Theile dieser Figur werden durch eingeschlagene Façondrahtstifte gebildet. Die Druckformen besitzen die Tapetenbreite zur Länge und eine Höhe von 20—50 *cm* je nach der Grösse des Musters. Mit den Formen wird die Tapete demnach stückweise bedruckt. Beim Maschinendruck benutzt man Walzen aus Holz, Zinnlegirung, Kupfer oder auch Solnhofer Kalkstein, auf deren Oberfläche die Muster entweder vertieft oder erhaben ausgeführt sind, und die in solcher Zahl in der Maschine vorhanden sind, als Farben zum Bedrucken des Papieres benutzt werden. Nach dem Auftragen jeder einzelnen Farbe wird das Papier getrocknet und geglättet. Das Bedrucken der Tapeten mit giftigen Farben (z. B. mit Schweinfurter Grün) ist gesetzlich verboten.

Ausser den matten und satinirten Tapeten stellt man gefirnisste und lackirte her, deren Muster oft eine Nachahmung von Fliesenbekleidungen (z. B. für Badezimmer und Küchen) oder von Holzmaserungen (z. B. zum Bekleben von Decken und Paneelen) darstellen und im letzteren Falle die Natur der verschiedenen Holzarten genau wiedergeben, und die einen Ueberzug von mit Terpentinöl verdünntem Copalfirniss erhalten, um abgewaschen werden zu können, — ferner gepresste oder gaufrirte Tapeten mit durch Gaufrirmaschinen aufgepresstem, farblosem Reliefmuster, — sodann vergoldete und versilberte Tapeten, bei denen das Muster entweder unmittelbar mit Gold- oder Silberbronze auf das Papier aufgedruckt oder auf das mit Leinölfirniss aufgedruckte Muster Blattgold oder Blattsilber

---

*) Siehe: »Baukunde des Architekten«, 1896, Bd. I, Th. II. — Gottgetreu, »Baumaterialien«, 1883, Bd. I, S. 550. — Mothes, »Illustrirtes Baulexikon«, 1884, Bd. IV, S. 309—311.

aufgelegt wird, — Iristapeten, bei denen die nebeneinander aufgetragenen Farben durch sanft verwaschene Mitteltöne allmälig in einander übergehen, so dass die Tapeten ein dem Farbenspiel des Regenbogens ähnliches Aussehen erhalten, — Marmortapeten mit marmorfarbigen Mustern, — Decorationstapeten mit Landschaften, — Architekturtapeten mit Gegenständen aus der Baukunst u. s. w. Hervorzuheben sind die veloutirten, bestäubten, erhabenen Sammet- oder Wolltapeten, deren gesammte Papierfläche mit Velours (buntem Baumwollenstaub) bedeckt ist, in welchen das Muster mittelst Balancirpresse eingedrückt ist (ganze Velourstapete), oder deren Flächen nur stellenweise und der Zeichnung entsprechend mit Velours versehen sind, im Uebrigen aber aus buntem, glattem oder mit besonderem Muster bedrucktem Papier bestehen (halbe Velourstapeten). Das Veloutiren erfolgt nach dem Grundiren und dem Bedrucken des Papiers. Letzteres wird an den Stellen, welche die Wolle aufnehmen sollen, mit Leinölfirniss bestrichen, dann in einen langen Kasten, dessen Boden aus Kalbleder oder Pergament besteht, gelegt, hierauf der Wollstaub hineingethan, der Kasten mittelst Deckel verschlossen und nun mit Holzstäbchen auf das Leder oder Pergament geschlagen, wodurch die Wollstäubchen hochgeschleudert werden; sie verbreiten sich bei ihrem Herabfallen auf der Papierfläche, bleiben an den gefirnissten Stellen hängen und trocknen mit dem Firniss an.

Nach der Anzahl der Farben, die zur Herstellung des Musters erforderlich sind, unterscheidet man ferner ein-, zwei- und mehrhändige Tapeten. Die Muster heissen Streumuster, wenn eine oder mehrere Figuren in regelmässiger Vertheilung auf einfachem oder fortlaufend gemustertem Fonds sitzen, Spitzmuster, wenn die Figur abwechselnd aufrecht oder umgestürzt verwendet wird, und fortlaufende, wenn die Muster scheinbar zwanglos wiederkehren.

Zur Einfassung der Tapeten dienen Bordüren (Borten), welche meistens nur eine geringe Breite besitzen, oder auch 15—35 *mm* breite Goldleisten von 3 (und mehr) *m* Länge, zur Verzierung der Ecken sogenannte Eckstücke, zur Verzierung von Zimmerdecken Plafondrosetten, zur Herstellung der Friese u. s. w. buntes, ungemustertes Papier von der

los; es empfiehlt sich deshalb, an diesen Stellen einen Leinwandstreifen aufzukleben und ihn, wenn nöthig, festzustiften. Bessere Tapeten werden zum Schutze gegen die Einwirkung des im Putze enthaltenen Aetzkalkes nicht unmittelbar auf die Wand geklebt, sondern es wird die vorher geleimte Wand zunächst mit einer Lage Makulatur (Zeitungspapier) beklebt und auf dieselbe die Tapete mit Kleister befestigt. Feuchte Wände sind mit sehr dünnen Blei- oder Zinkplättchen oder mit einer doppelten Lage Oelpapier zu bekleiden und auf diese die Tapeten zu kleben; Holzflächen oder sehr unebene Wände müssen vor dem Tapezieren mit billigem Jutestoff (Nessel oder Schotterleinwand) überspannt werden. Auf glattem Gypsputz bleiben die Tapeten nicht lange haften. Bei den Velourstapeten wird stets eine Makulaturunterlage angewendet und es werden die Kanten nicht überdeckt, vielmehr wird unter den Stössen ein Papierstreifen von der Farbe des Velours zur Verhinderung des Durchscheinens der Makulatur aufgeklebt.

Ist die Tapete mit Ultramarinfarben bedruckt, so kann sich bei der Zersetzung und dem Sauerwerden des Kleisters Schwefelwasserstoff bilden, welcher sich in den frisch tapezirten Zimmern durch einen Fäulniss-Geruch bemerkbar macht, der erst nach einiger Zeit verschwindet.

Beim Tapezieren sind die Fenster stets geschlossen zu halten.

2. Ledertapeten, welche aus Thierhäuten (meistens Kalbfellen) hergestellt werden, die ein erhabenes Muster mit Hilfe von vertieft gravirten Stempeln oder mittelst zweier gravirten Walzen erhalten, das oft bedruckt oder bemalt, auch vergoldet oder versilbert wird. Diese Ledertapeten, die auch die Bezeichnung Cordovatapeten führen, werden auf Leinwand, die über einen Rahmen gespannt ist, geklebt und dann in einer hölzernen Umrahmung an der Wand befestigt, so dass abgetheilte Felder (*panneaux*) entstehen.

Die imitirten Ledertapeten bestehen aus dickem, pappartigem, Hanfpapier; dasselbe wird zwischen Metallformen gepresst und hierauf mit Farben bedruckt, auch wohl vergoldet oder versilbert oder mit Handmalereien versehen und wie jede andere Papiertapete auf die Wand geklebt. Wegen der Dicke des Papieres ist diese Befestigung mit Schwierigkeiten verknüpft, auch löst sich die Tapete leicht wieder von der Wand ab.

3. Gewirkte Tapeten, schon im 14. Jahrhundert zum Bekleiden von Wänden benutzt. Wichtige Arten sind: Hautelissetapeten (Gobelins) mit senkrecht aufgezogener Kette, Basselissetapeten mit wagrecht laufender Kette, türkische oder persische Tapeten, aus feiner, meistens ziemlich dunkler Wolle gewirkt, Chinatapeten, deren Muster den Wellen der Seiden- und Wollarbeit gleichen, welche mit der Nadel auf den Kanewas gemacht werden, und Federtapeten, die aus Vogelfedern hergestellte Muster besitzen. Die kostbarsten gewirkten Tapeten sind die Brabanter; sie werden vielfach durch Malerei nachgeahmt (brabantische gemalte Tapeten). Die Gobelinstofftapete von Joseph Hermann in Berlin stellt ein Gewebe dar, dessen Kette aus Garn und dessen Einschlag aus Rohflachs besteht; sie wird mittelst Handformen bedruckt und kommt in Rollen von 70 *cm* Breite und bis zu 50 *m* Länge zum Versandt. Diese Tapete hat das Aussehen von Seide. Man spannt sie oder klebt sie auf die Wand auf.

4. Seiden- oder Stofftapeten. Auf eine aufgeklebte oder aufgenagelte Unterlage von Jutestoff wird die Zeugtapete, auf welche die Muster entweder gemalt oder mit Seide oder Wolle in zwei oder mehreren Farben aufgestickt sind, aufgenagelt; die Nagelköpfe werden mit Goldleisten überdeckt. Tapeten aus sehr kostbaren Stoffen (z. B. aus Seide) werden über hölzerne und durch Keile anzutreibende Rahmen gespannt, die mit Goldleisten eingefasst werden. Hierher gehören auch die Flockentapeten, deren Grund aus grober Leinwand besteht und deren Muster durch Aufstreuen von Flock- oder Scherwolle gebildet werden, sowie die Wachstuch- oder Wachsleinwandtapeten, die als Ersatz der echten Ledertapeten dienen, entweder einfarbig oder mit bunten Mustern bedruckt oder kunstvoll bemalt werden und abwaschbar sind, und die niederländischen Kattuntapeten.

5. Lincrusta Walton. Unter diesem Namen kommt ein aus Holzstoff, oxydirtem Leinöl und einigen, von den englischen Fabriken, die diese Tapetenart herstellen, nicht genannten Stoffen zusammengesetzte Masse in den Handel, die auf Leinwand ausgebreitet ist. Die Herstellung der Tapete erfolgt in der Weise, dass die mit der Masse bedeckte Leinwand zwischen Walzen geführt wird, deren eine glatt ist, während die andere das Muster eingravirt enthält, dann die Deckschicht mit Farben nach einem besonderen Verfahren bedruckt oder mittelst Prägemaschinen mit vertieften Mustern versehen wird. Aus diesem Stoff werden auch profilirte Leisten und kleine Gesimse hergestellt. Man kann Lincrusta Walton sowohl mit Seifenwasser, als auch mit stark verdünnten Säuren reinigen.

6. Holztapeten (Fourniertapeten, vergl. auch § 148) von Mahler-Segesser in Luzern. Papierdünn geschnittene Fourniere aus Eichen-, Ahorn-, Nussbaum-, Mahagoni-, Ebenholz u. s. w. werden auf Rollenpapier aufgeklebt und dieses wie jede andere Papiertapete auf der Wand befestigt. Diese Holztapeten werfen sich nicht und bleiben rissefrei, was beim massiven Täfelwerk bei Temperaturveränderungen meistens nicht der Fall ist. Mit Hilfe dieser Tapeten und unter Benutzung von Friesen, Gesimsen und Leisten aus Massivholz kann man jede Holzvertäfelung täuschend und mit geringen Kosten nachahmen. Die geputzten Wände werden in gleicher Weise wie bei der gewöhnlichen Tapezierung vorbereitet und die Holztapeten auf der Holzfläche mittelst nassen Schwammes angefeuchtet und auf der Rückseite mit Kleister von starker Consistenz bestrichen und erst aufgeklebt, nachdem sie mindestens 10 Minuten lang mit dem Kleister gelegen haben, anderenfalls entstehen auf der Tapete Blasen.

7. Aluminiumtapeten. In neuester Zeit hat man auch Tapeten versuchsweise aus Aluminium hergestellt und diesen Tapeten ein reliefartiges Muster gegeben, auch hat man die Aluminiumtafeln wie Papiertapeten farbig behandelt. Man rühmt diesen Tapeten nach, dass sie sich leicht abwaschen und somit bequem reinhalten lassen, dass sie grosse Schmiegsamkeit, Haltbarkeit, Feuerbeständigkeit und Leichtigkeit besitzen, und dass man sie auch auf feuchten Wänden verwenden kann. Nachtheilig für eine weitere Verbreitung ist ihr noch zu hoher Preis. Das Anbringen der Aluminiumtapeten erfolgt in der Weise, dass man die Wandflächen mit Holzleisten, Dübeln oder Brettern versieht und die Tapeten auf dieselben mit Aluminiumnägeln befestigt. (Siehe »Schweizerische Bauzeitung«, 1898.)

Fünftes Capitel.

Hanf, Taue, Seile, Stricke, Stroh, Rohr und Moos.

§ 276. Hanf, Taue, Seile und Stricke.

Rohstoff. Zur Herstellung von Tauen und Seilen verwendet man hauptsächlich Hanf (*cannabis*), von Sackband und minderwerthigen Schnüren Hanfwerg (Hanfhede), von Stricken und groben Gurten auch Flachswerg, von sehr dünnem, feinem Bindfaden und zum Weben von besseren Gurten Flachs, zu Transmissionsseilen Manilahanf und in neuerer Zeit Baumwolle, zu Zugseilen oftmals dünne Lederriemen, zu starken Tauen Eisen- und Stahldraht, zu untergeordneteren Seilen und Stricken auch ostindischen Hanf, Manilahanf, Aloëhanf, Stroh (siehe den nächsten Paragraphen), Holzwolle, Hobelspäne, Lindenbast, Cocosnussbast, Pferde- und Kuhhaare. Die letzten drei Stoffe werden fast ausschliesslich nur zu solchen Stricken verarbeitet, an denen Gegenstände (z. B. Papier) zum Trocknen aufgehängt werden sollen.

Sehr geschätzt ist der deutsche Reinhanf von Königsberg, der badische Schleisshanf, der russische Reinhanf von Riga, der slavonische von Peterwardein, der slovakische von Pressburg. — 50 *kg* russischer Hanf liefern fein gehechelt 32—33 *kg* spinnbaren Hanf.

Das Gewicht eines 80 *m* langen Fadens aus feinem Hanf und eines 60 *m* langen aus gewöhnlichem Hanf beträgt etwa $^1/_2$ *kg*.

Eintheilung. Man unterscheidet je nach der Stärke, Herstellungsweise und Verwendung folgende Sorten:

1. Fäden (Figur 440*) *a*), die aus drei oder vier oder mehreren Fasern (*b*) gesponnen sind.

2. Litzen (*c*), welche aus mehreren zusammengedrehten Fäden bestehen.

3. Strang, Rüstseil und Klafterschnur, welche dieselbe Dicke wie die Fäden besitzen, 1·6—2·4 *m* lang sind und an einem (dem dickeren) Ende eine Schlinge, an dem anderen eine Zuspitzung haben.

4. Schnur, Bindfaden und Zugstrang (*d*), welche gewöhnlich aus drei oder vier Litzen zu drei oder vier Fäden bestehen, 1—6 *mm* dick und meistens 30—36 *m* lang sind. Die schwächsten Bindfäden stellt man nur aus zwei rechtsgedrehten Hanffäden her, die nach links zusammengedreht sind, die schwächsten Schnüre aus drei links gesponnenen, durch Rechtsdrehen vereinigten Fäden.

5. Sackband; man versteht hierunter stärkeren Bindfaden aus minderwerthigem Rohstoff.

6. Stricke, aus drei oder vier Schnüren zu vier Litzen, 9—18 *mm* stark, meistens 18—30 *m* lang. Die schwächsten Stricke werden auch nur aus drei oder vier groben Fäden hergestellt, die rechts gedreht, sowie sehr drall gesponnen und durch eine linke, ebenfalls sehr starke Drehung miteinander verbunden werden.

7. Leinen. Diese Namen führen die stärkeren Stricke.

8. Seil oder Bindetau, aus vier Schnüren zu sechs bis acht Litzen, 12—15 *mm* stark und gewöhnlich 7—8 *m* lang oder nur aus 4 Litzen,

*) Aus Mothes' »Illustrirtes Lexikon«, 1884, Bd. IV, S. 186.

welche um ein gerades, dünnes Hanfseil (Seele oder Strähne genannt) links gedreht sind (sogenanntes Patentseil). Die Fäden sind hierbei links gesponnen und die Litzen rechts gedreht.

9. Pfahltau, aus vier Litzen zu 10—16 Fäden, 20—26 *mm* stark und 26 *m* lang.

10. Kranztau, aus vier Litzen zu 20—30 Fäden, 30—32 *mm* stark und 6 *m* lang.

11. Flohrtau, desgleichen, jedoch 8 *m* lang.

12. Anfahrtstau, desgleichen, jedoch 70—80 *m* lang.

13. Rammtau, aus vier Litzen zu 50 Fäden, 35—40 *mm* stark und 28—31 *m* lang.

14. Schiffstau, aus mehreren Litzen mit Seele zur Ausfüllung des Zwischenraumes oder ohne eine solche. Die groben Fäden werden mit Rechtsdrehung gesponnen. Diese Taue führen in der Seemannssprache die Namen Trossen-, Want- und Kabelschlag. Die Trossen sind dreischäftig oder dreikardeelig, d. h. sie bestehen aus drei Kardeelen oder Kordeln zu 18—50 Fäden; der Wantschlag ist vierschäftig, der Kabelschlag besteht aus neun Kardeelen. Die Länge der Schiffstaue ist eine sehr verschiedene.

15. Stärkstes Tau oder Kabeltau, aus drei oder vier Seilen zu drei Litzen von geringer Fadenzahl und mit Seele.

16. Drahtseil aus 0·5—3·5 *mm* starken Eisen- oder Stahldrähten, bei Blitzableitern auch aus Kupferdrähten. (Siehe § 177.)

17. Hanfgurte, doppelt gewebt etwa 4 *mm* stark, vierfach gewebt 6—7 *mm* stark, Breite bis zu 60 *cm*.

Am gebräuchlichsten sind die runden, dreilitzigen Seile. Flache Hanfseile werden gewöhnlich durch Zusammennähen von 4—6 runden Seilen erhalten. Zu starke Taue haben den Nachtheil, dass sie sich schwer über Rollen biegen lassen.

Herstellung. Die Anfertigung der Taue, Seile, Stricke u. s. w. geschieht meistens durch die Hand des Seilers mit Hilfe des Seilerrades und auf der Seilerbahn; Maschinenarbeit ist bei uns seltener, in England dagegen bei der Herstellung von Schiffstauen (Patentseilen) seit dem Ende des

und Winden.) Im Maschinenbau dienen die stärkeren Taue und Drahtseile vielfach zur Fortpflanzung der Bewegung (Seiltransmissionen, Drahtseilbahnen.)

Verschiedenes. Ein Zusammendrehen der Fäden ist zwar vom Uebel, weil lästige und für das Seil auch schädliche Ueberschlingungen (sogenannte Kunken) entstehen und in ihm eine von innen nach aussen hin wachsende Streckung (Spannung) eintritt, die seine Haltbarkeit und Tragfähigkeit stark beeinträchtigt. Es lässt sich aber eine Drehung nicht vermeiden, weil die Fäden nicht gleich stark sind; dieselbe ist auch nothwendig, damit das Seil nicht zu locker wird. Die Zunahme der Streckung im Seile ist umso grösser, je kleiner der innere Raum (die Seele) im Verhältniss zum Seildurchmesser ist. Je feiner die Fäden sind, desto grösser wird dieser Innenraum und desto fester das Seil. Der Biegungswiderstand oder die Steifheit wächst mit dem Quadrate des Seildurchmessers, mit der Stärke des Zusammendrehens der Fäden und umgekehrt mit dem Rollendurchmesser. Um Ueberschlingungen möglichst zu verhüten, empfiehlt es sich, die Seile vor ihrer Verwendung lang hängen zu lassen und zu schütteln, damit sie gerade werden und keine Verdrehungen erleiden; auch sind sie im möglichst trockenen Zustande zu verwenden, weil nasse Seile um etwa 25% weniger tragen. Durch das Drehen verliert der Faden $^1/_5$—$^1/_8$ seiner ursprünglichen Länge. Das Gewicht des Seiles wächst ungefähr mit dem Quadrate des Durchmessers.

Zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit werden die Taue und Seile mit Wachs oder Seife eingerieben oder mit heissem Theer bestrichen oder mit diesem Stoff getränkt (warm registrirt) oder mit Kreosot imprägnirt. Das letztere ist am empfehlenswerthesten; man bestreicht die Taue und Seile mit einer verdünnten Leimlösung und bringt sie dann in ein starkes Lohbad, durch welches der Leim in Folge Einwirkung der Gerbsäure auf die Hanffäden niedergeschlagen wird, welche dann das Kreosot leicht aufsaugen. Ein Theeren vermindert die Tragfähigkeit und erhöht bei Tauen und Seilen, die über Rollen laufen, die Reibung, wodurch auch die Gefahr der Erhitzung vergrössert wird. Man sollte deshalb nur diejenigen Taue und Seile theeren, welche in der Nässe (unter Wasser) Verwendung finden sollen. Nicht gut ist es, den heissen Theer nur überzustreichen, weil derselbe dann nicht bis zur Mitte des Seiles dringen kann und im Inneren desselben leicht Gährung und Fäulniss entstehen, man wird vielmehr zweckmässiger die einzelnen Fäden, aus welchen das Seil zusammengedreht werden soll, durch ein heisses Theerbad ziehen und dann warm mit einander vereinigen. Diese Imprägnirung hat möglichst schnell zu erfolgen, weil die Hanffäden durch die Hitze des Theeres leiden.

Tragfähigkeit und Gewicht. Die Tragfähigkeit ist, wie bemerkt, bei trockenen und ungetheerten Seilen grösser als bei nassen und getheerten; bei letzteren beträgt der Verlust an Tragkraft etwa 25%; auch ist die Tragfähigkeit bei Seilen, die über Rollen geführt werden, eine geringere als bei solchen, die frei hängen. Nach Wiebe beträgt die Arbeitslast bei 5—6facher Sicherheit,

bei ungetheerten und trockenen Seilen: $P = 86 D^2$ *kg*

bei getheerten und nassen Seilen: $P = 65 D^2$ *kg*,

wenn die Seile über Rollen laufen und mit D ihr Durchmesser in *cm* bezeichnet wird. Aus diesen Formeln erhält man die Grösse des Durchmessers

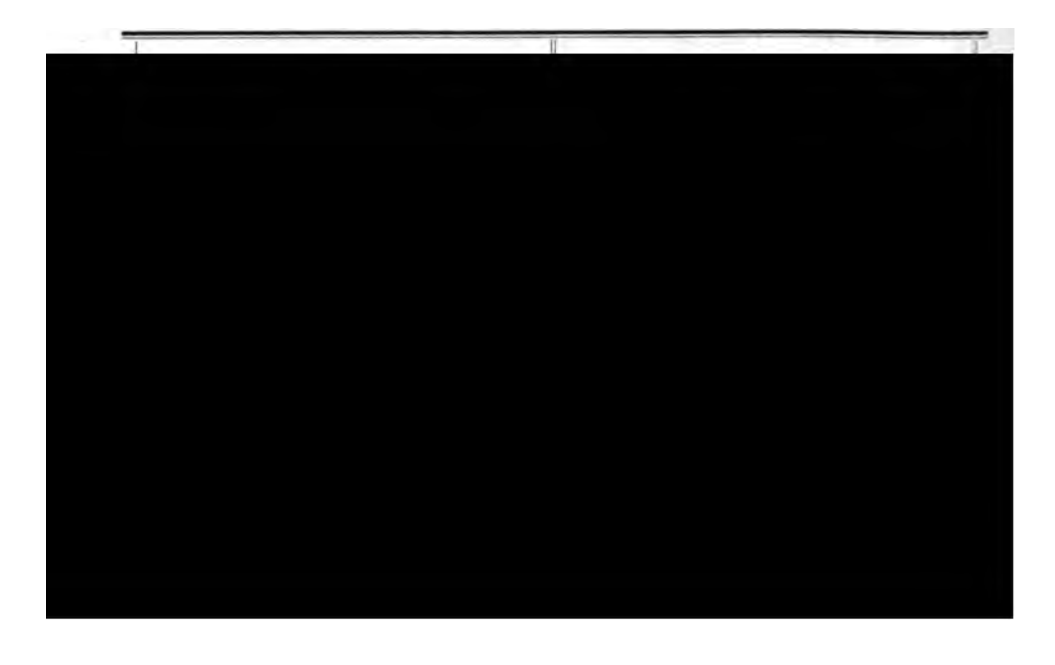
für ungetheerte und trockene Seile zu $D = 0{\cdot}107\sqrt{P}\ cm$
für getheerte und nasse Seile zu $D = 0{\cdot}125\sqrt{P}\ cm$.

Nachfolgende Tabellen sind von der Firma Felten und Guillaume in Köln a. Rh. für die von ihr fabricirten Hanfseile aufgestellt worden.

Runde Seile aus bestem russischen Reinhanf.

Ungetheert			Getheert		
Durchmesser in Millimeter	Gewicht für das Meter Länge (in Kilogramm)	Arbeitslast bei 8facher Sicherheit (in Kilogramm)	Durchmesser in Millimeter	Gewicht für das Meter Länge (in Kilogramm)	Arbeitslast bei 8facher Sicherheit (in Kilogramm)
16	0·20	200	16	0·22	176
18	0·26	254	20	0·35	275
20	0·31	314	23	0·42	363
23	0·36	416	26	0·56	464
26	0·51	531	29	0·70	578
29	0·62	660	33	0·87	748
33	0·78	855	36	1·04	890
36	0·93	1017	39	1·15	1044
39	1·03	1194	46	1·68	1453
46	1·50	1661	52	2·18	1857
52	1·97	2122			

Runde Seile aus bestem badischen Schleisshanf.



Flache getheerte Seile aus bestem badischen Schleisshanf.

Breite	Dicke	Gewicht für das Meter Länge	Bruchbelastung
in Millimeter		in Kilogramm	
92	23	2·35	14812
105	26	3·04	19110
118	26	3·36	21476
130	29	4·26	26390
130	33	4·80	30030
144	33	5·28	33264
157	33	5·60	36267
157	36	6·24	39564
183	36	7·20	46116
183	39	7·84	49959
200	44	9·25	61600
250	46	12·10	80500
310	47	15·00	101600

Getheerte Kabelseile aus bestem badischen Schleisshanf.

Durchmesser in Millimeter	Gewicht für das Meter Länge	Arbeitslast bei 6facher Sicherheit
	in Kilogramm	
59	2·67	4550
65	3·70	5530
72	4·00	6780
78	4·80	7960
85	5·60	9450
92	6·40	11070
98	7·46	12575
105	8·53	14420

Die verschiedenen Arten der Befestigung der Taue und Seile aneinander oder an andere Gegenstände sind: *)

1. Der einfache Knoten (Fig. 441 *u*). Wendet man ihn am Ende eines Seiles an, so wird er zur blinden Schleife.

2. Der Fischerknoten oder englische Knoten (Fig. 441 *i*). Er wird hauptsächlich bei Seilverlängerungen angewendet, zieht sich sehr fest, ist aber beim Nachlassen des Seiles wieder leicht lösbar.

3. Der gerade Knoten oder Kreuzknoten (Fig. 441 *e*). Man benutzt ihn zur Befestigung eines Seiles in der Mitte eines anderen.

4. Der Weberknoten (Fig. 441 *g*). Er liefert eine sehr feste Verbindung zweier Seile.

5. Der geschleifte Knoten oder Kunke (Fig. 441 *r*). Derselbe zieht sich nicht bei gespanntem Seil, löst sich jedoch leicht beim Nachlassen desselben.

*) Siehe Mothes, a. a. O., Bd. IV, S. 312 u. 313; Artikel: Tau; demselben entstammen auch die Figuren 441 *a*—*u*.

6. Der Feuerwerksknoten oder Schifferknoten (Fig. 441 *s*). Man benutzt ihn hauptsächlich zur Umwickelung von Hölzern und von stärkeren Tauen mit dünneren Seilen.

7. Der Zimmermannsknoten oder deutsche Knoten (Fig. 441 *t*). Er bildet eine sich sehr fest ziehende Schlinge.

8. Der gerade Knoten mit Schleife oder der geschleifte Kreuzknoten (Fig. 441 *f*).

9. Die Bucht (Fig. 441 *o*), eine Schleife, welche durch Anlegen des Seilendes an das Seil und feste Umwickelung mit Bindfaden gebildet wird.

10. Der Schlag (Fig. 441 *q*); er wird angewendet, wenn man einen Gegenstand an ein horizontal gespanntes Seil anhängen will.

11. Der halbe Schlag (Fig. 441 *p*).

12. Der Schild- oder Wasserknopf (Fig. 441 *a*). Die Fäden der Seilenden werden aufgedreht und mit einander verknüpft.

Werden die Enden doppelt statt einfach geknüpft, so entsteht der doppelte Schildknopf. Der Schildknopf soll das Auftresseln der Seilenden verhüten.

13. Der Kreuzknopf (Fig. 441 *m*). Er dient zu demselben Zweck wie der Schildknopf.

14. Die Augsplissung (Fig. 441 *b*).

15. Der Schauermann's- oder Waldknopf (Fig. 441 *c*), ein Knoten in der Mitte eines Seiles. Wiederholt man ihn zweimal übereinander, so nennt man ihn doppelten oder deutschen Waldknopf.

16. Die einfache oder doppelte, kurze, runde oder lange Versplissung (Fig. 441 *d*); sie dient zur Verbindung zweier Tauenden.

17. Der Plattstich (Fig. 441 *h*).

18. Die Verschlingung (Fig. 441 *k*); sie dient zur schnellen Verkürzung zu langer Seile. Eine Verschlingung zum Aufhängen an Haspel und Ring stellt Figur 441 *l* dar.

19. Die Verflechtung (Fig. 441 *n*) zur Herstellung von Matten aus Bindfaden, — u. s. w.

ferner wegen ihrer schlechten Wärmeleitungsfähigkeit und Porosität und wegen der trotz des Mäusefrasses, dem sie sehr ausgesetzt sind, ziemlich langen, meistens 12—15 Jahre währenden Haltbarkeit. Um die Feuergefährkeit etwas zu vermindern, ist empfohlen worden, das Stroh mit Kalkwasser zu sättigen. Weniger feuergefährlich sind auch die Lehmstrohdächer, zu denen etwa 8 *cm* dicke Strohbüschel verwendet werden, welche in einen Lehmbrei eingetaucht worden sind, ferner die Strohlehmschindel, die man dadurch erhält, dass man entweder nur eine Seite der 5—7 *cm* dicken und 55—60 *cm* breiten, aus Stroh gefertigten Tafeln mit Lehm bestreicht, mit der dann die Tafeln auf das Dach gelegt werden, damit das Stroh den Lehm gegen die Nässe schützt, — oder dass man beide Seiten der Strohtafeln mit einem Lehmüberzug versieht und in die obere, der Feuchtigkeit ausgesetzte Lehmschicht Strohbündel so hineinsteckt, dass dieselben vorstehen und die obere Dachfläche bedecken. — Nicht zu verwechseln mit diesen Lehmschindeln sind die aus Kiefern- und Eichenholz gefertigen, auf einer Kante mit einer etwa 2 *cm* starken Zuspitzung, auf der anderen mit einer etwa 2—2 $^1/_2$ *cm* tiefen Nuth versehenen, meistens 63—70 *cm* langen und 8—12 *cm* (und darüber) breiten Schindeln, welche ebenfalls zu Dacheindeckungen, aber auch zum Bekleiden von Aussenwänden und in einigen Gegenden Schlesiens und Oesterreichs als Unterlage für Schieferdächer Verwendung finden. (Fig. 442.)

Bei der Ausführung von Stakerarbeiten werden schwache (am besten kieferne) Hölzer mit einer dickbreiigen, aus zerkleinertem (Krumm- oder Wirr-) Stroh, Lehm und Wasser bestehenden Masse umwickelt und zur Bildung von Windel- und Wickelböden, sowie von Stak- und Wellerwänden benutzt.

Strohseile werden aus Handgeflecht, bei grösserem Bedarf auch mittelst eigens zu diesem Zwecke construirten Maschinen (z. B. mit der Strohseilspinnmaschine von Chr. Soeborg und L. Petersen in Roskilde, mit welcher zweilitzige Strohseile angefertigt werden können, oder mit der von der Königin-Marienhütte in Cainsdorf bei Zwickau gebauten, zur Herstellung von Strohseilen für Giessereizwecke dienenden Maschine) hergestellt und zu landwirthschaftlichen Zwecken (z. B. zum Binden des Getreides, zum Einbinden zarter Gewächse u. s. w.) benutzt, ferner zum Befestigen von Strohbündeln auf Dächern, als schlechte Wärmeleiter zur Isolirung von Dampfleitungsröhren, in der Metallgiesserei zur Kernbildung u. s. w.

Ferner stellt man aus Stroh Geflechte her, die ihrer schlechten Wärmeleitung wegen zum Bedecken von Mistbeeten und Gewächshäusern, auch als Fussmatten u. s. w. verwendet werden, sodann Mosaikarbeiten (namentlich für Schachtel- und Dosendeckel), Bänder, Hüte, Bienen- und andere Körbe, Teller, Papier, Blumen u. s. w. Endlich benutzt man auch das Stroh als Packstoff.

Das Stroh wird nach Gebunden verkauft; ein Gebund enthält meistens 0·09 m^3 Stroh und liefert etwa 0·66 *hl* Häcksel. 1 m^3 festgebundenes Stroh wiegt 56 *kg*, 1 m^3 Strohlehm (3 Bund Krummstroh enthaltend) frisch 1200 *kg*, trocken 1070 *kg*.

Karphitplatten der Bau- und Isolirplattenfabrik von Joh. Bardach und R. von Stern in Wien X.

Langstroh wird mit Hilfe einer eigens für diesen Zweck construirten Maschine zu Platten in der Weise verarbeitet, dass das in den Trichter

der Maschine eingeworfene und von einem Transporteur in paralleler Lagerung unter einen mit hydraulischer Druckvorrichtung versehenen Stossbalken geschobene Stroh zunächst beliebig stark gepresst und dann in einem aus einem System von 10—25 Nadeln bestehenden, nach Art der Nähmaschine construirten Apparat mit Jute oder einem anderen, ihr ähnlichen Stoff, der einseitig oder auf beiden Seiten das Stroh bedeckt, zusammen abgesteppt wird, derart, dass aus der Maschine eine 1—20 *cm* dicke Platte von etwa 1 *m* Breite und endloser Länge heraustritt.

Diese Karphitplatten werden nach Bedarf zugeschnitten und entweder nicht weiter verändert oder mit einem Oelfarbenanstrich versehen oder mit feuerbeständigen oder fäulnisswidrigen Stoffen imprägnirt.

Da ein jeder Strohhalm ein mit Luft angefülltes Röhrchen darstellt, so bildet die Karphitplatte einen ausgezeichneten und dabei billigen Isolirstoff, der den weiteren Vorzug hat, dass man ihn leicht verwenden kann, indem man die zu isolirenden Gegenstände (Röhren u. s. w.) mit der Platte einfach umhüllt.

(Siehe »Wiener Bauindustriezeitung«, 1898, und »Baumaterialienkunde«, 1898, Heft 10.)

2. *Rohr.*

Das Rohr wird zu Dacheindeckungen, zum Berohren von Holzwerk (an Decken und Fachwerkswänden), zu Rohrmatten, Gartenzäunen, Spalieren, Spazierstöcken, Stuhlsitzen, Korbmacherarbeiten u. s. w. verwendet.

Als Deckrohr (für Dächer) dienen die getrockneten Halme des gemeinen Schilf- oder Teichrohres (*Phragmites communis Trin*), die nicht älter als 2 Jahre sein dürfen und völlig reif (weissgelb) sein müssen. Sie werden ungeschält und meistens in Längen von 1·0—1·2 *m* verwendet und in einer Schicht von 4·2—4·8 *cm* Stärke auf das Dach gelegt. Rohrdächer haben im Allgemeinen dieselben guten und schlechten Eigenschaften wie die (oben erwähnten) Strohdächer, jedoch ist ihre Haltbarkeit eine grössere. — Das Deckrohr wird schockweise bezogen; jedes Schock enthält 60 Bund zu je 0·05—0·06 m^3 oder 30 Bürden zu je 10 Schoben; jede

In neuerer Zeit verwendet man zum Berohren von Holzwerk mit Vortheil ein aus Schilfrohrstengeln und geglühten oder verzinkten Drähten gefertigtes Gewebe (Rohrgewebe), das einfach, doppelt oder dicht hergestellt wird. Die einfachen Rohrgewebe, bei denen die Rohrstengel parallel angeordnet und in Abständen von je 20 *cm* mit Drähten verbunden sind, wendet man vorzugsweise für Zimmerdecken und Zwischenwände in Wohngebäuden auf Schalung oder Lattung an; die Schalbretter werden zum Schutze gegen die Feuchtigkeit des Mörtels zweckmässig mit Asphaltpapier bedeckt. Doppelte Rohrgewebe werden für schwerere Decken und nur auf starken Latten oder Leisten mit 10—20 *cm* Zwischenraum benutzt, jedoch kann man sie auch zur Herstellung von äusseren Wandbekleidungen verwenden. Bei Anwendung von zwei Rohrgeweben wird ein weitmaschiges über ein dichtes so gelegt, dass die Stösse nicht übereinander fallen, und es werden beide Gewebe auf 2·5—3 *cm* starke Latten genagelt, die in 20 *cm* Abstand auf die Balken oder bei Wandbekleidungen auf 6—7 *cm* starke, in Entfernungen von etwa 1 *m* von einander anzuordnende Ständer befestigt werden. Der aufgebrachte Mörtel dringt dann durch das obere Gewebe in das untere und stellt auf diese Weise eine Verbindung zwischen beiden her.

Die mit Rohrgeweben hergestellten Decken oder Zwischendecken erhalten keine Risse, besitzen eine grosse Leichtigkeit, dämpfen den Schall, sind billig und besitzen eine grosse Haltbarkeit. Wenn man sie mit Cementmörtel verputzt, so widerstehen sie der Feuchtigkeit und bis zu einem gewissen Grade auch dem Feuer. Sie lassen sich mit einer Drahtschere leicht zerschneiden, ohne dass durch die Theilung der innere Zusammenhang zerstört wird. Die Rohrgewebe kommen in Breiten von 1—1·4—1·6—1·8—2—2·25 und 2·5 *m* in den Handel und in solchen Längen, dass jede Rolle 10 oder 20 m^2 misst. Derartige Rohrgewebe sind der Firma Strauss und Russ in Cottbus patentirt.

Zu Wandbekleidungen können auch die von H. F. P. Rusch in Kobier fabricirten Matten benutzt werden, welche aus Rohrstengeln, Holzleisten und Draht bestehen. Diese Rohrmatten werden auf 40 *cm* von einander entfernte Wandständer genagelt. (Fig. 443.)

Man rechnet bei einer einfachen Berohrung auf 1 m^2 Fläche 30—36 Stengel. Auch das Mauerrohr wird schockweise bezogen; jedes Schock besteht aus 30 Bunden mit je 30 Stengeln und enthält etwa 1700 laufende Meter Rohr. 1 m^3 Mauerrohr wiegt 160 *kg*.

Zum Bedecken von Mistbeeten und Treibhäusern, sowie als Schutzdecken gegen Frost und Hagelschlag benutzt man in der Gärtnerei Rohrmatten, welche mit präparirtem Bindfaden geflochten sind.

Zur Herstellung von Gartenzäunen, Obstspalierwänden, Spazierstöcken, Möbeln u. s. w. dienen die 0·5—9 *m* langen Halme des Drachenrohres, des Malakkarohres, der Rotangpalme, des spanischen Schalmeien- oder Pfahlrohres u. A. Das spanische Rohr stellt die schlanken Triebe und Stämme einiger in Nordafrika heimischen, aber auch in Süddeutschland und in der Schweiz cultivirten Arten von *Calmus* und *Arundo* dar.

Als Flechtstoff für Stuhlsitze (Stuhlrohr) verwendet man 2 bis 6 *mm* breite Bänder, die aus der pflanzlichen Oberhaut und den unter dieser liegenden äusseren Stammtheilen der Rotangpalme Südasiens gefertigt werden. Aus diesem Palmenholz stellt man auch in Japan Schränke, in China und auf den Sundainseln Schiffstaue, in Indien Brücken u. s. w. her.

Zu Korbmacherarbeiten benutzt man auch das Pedigrohr, d. h. 1—6 *mm* starke, dem Inneren des Stammes (dem Mark oder Pedig) entnommene Stäbchen oder Drähte.

Das Rohr kommt roh (d. h. mit noch sichtbaren Knoten) oder gereinigt, geschabt und abgeschliffen (ohne Knoten) oder zu Bändern u. s. w. geschnitten, oft auch durch Ausschwefeln gebleicht in den Handel. Gutes Rohr zeigt eine geschlossene, glasige Oberfläche, welche beim Umbiegen des Stengels nicht springt.

3. *Moos.*

Das Moos kommt in nahezu 4000 Arten in der Natur vor; hauptsächlich unterscheidet man jedoch nur Leber-, Laub- und Torfmoose. Man benutzt Moos in der Technik zu verschiedenen Zwecken, so z. B. zum Ausfüllen von Zwischendecken, weil trockenes Moos Schall und Wärme schlecht leitet, auch zum Isoliren von Wänden, sodann wegen seiner Eigenschaft, Wasser stark aufzusaugen, als Dichtungsmittel für Ziegeldächer auf landwirthschaftlichen Gebäuden an Stelle des Kalkmörtelverstriches, vor dem es den Vorzug besitzt, dass es nicht abfällt, ferner zum Ausfüllen der Fugen bei massiven Brunnenmauern, wobei es gleichzeitig wie ein Filter wirkt, und bei Mauern aus Geschiebe- oder Feldsteinen (Trockenmauern), selbst bei Futtermauern in nassem Boden. Für diesen letzteren Zweck wählt man zweckmässig lang gewachsenes und fettes Moos. Endlich benutzt man Moos zum Dichten von Fenstern und Balkonthüren im Winter (Moosguirlanden), sowie von Holzwänden (namentlich Blockhäusern) und verwendet hierzu am besten das weiche, selbst nach langer Trockenheit durch Aufnahme von Feuchtigkeit schnell wieder locker werdende Wasser- oder Quellmoos.

Einem stärkeren Druck vermag Moos nicht zu widerstehen.



SACHREGISTER.

Ein * bedeutet: mit Illustration, die römischen Ziffer nennen den Band, die arabischen die Seitenzahl.

A.

B.

C (siehe auch K).

D.

E.

F.

G.

I.

K (siehe auch C).

M.

N.

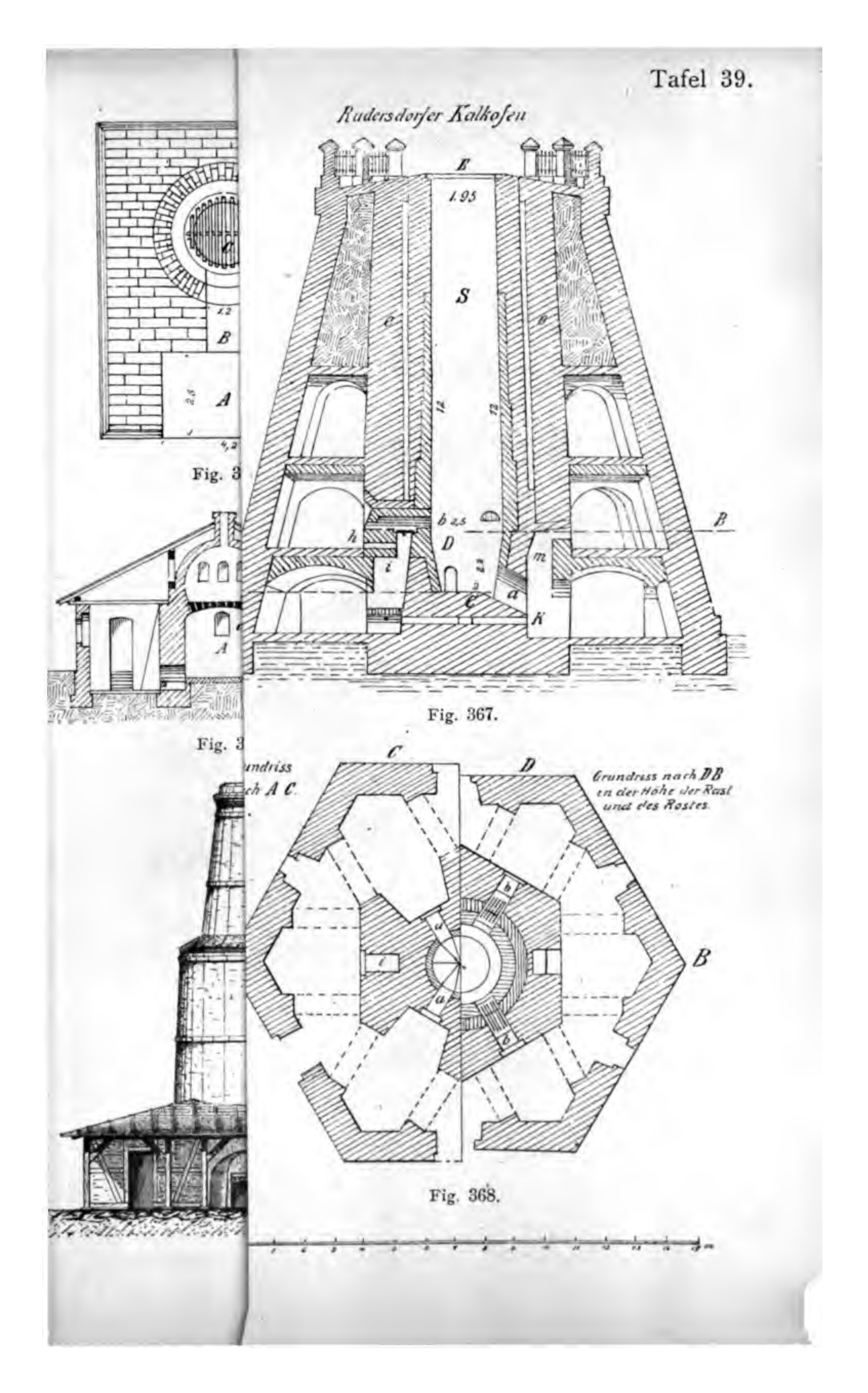


Fig. 3

Fig. 3

Fig. 367.

Fig. 368.

U.

V.

W.

X.

Y.

Z.

Druckfehlerverzeichniss.

Band I, S. 279, Zeile 1 lies: »Splintholz« statt: »Schnittholz«.
» II, » 15, » 15 von unten lies: »nicht nur« statt: »nicht«.
» II, » 188, » 1 lies: »Boetius« statt: »Boetuis«.



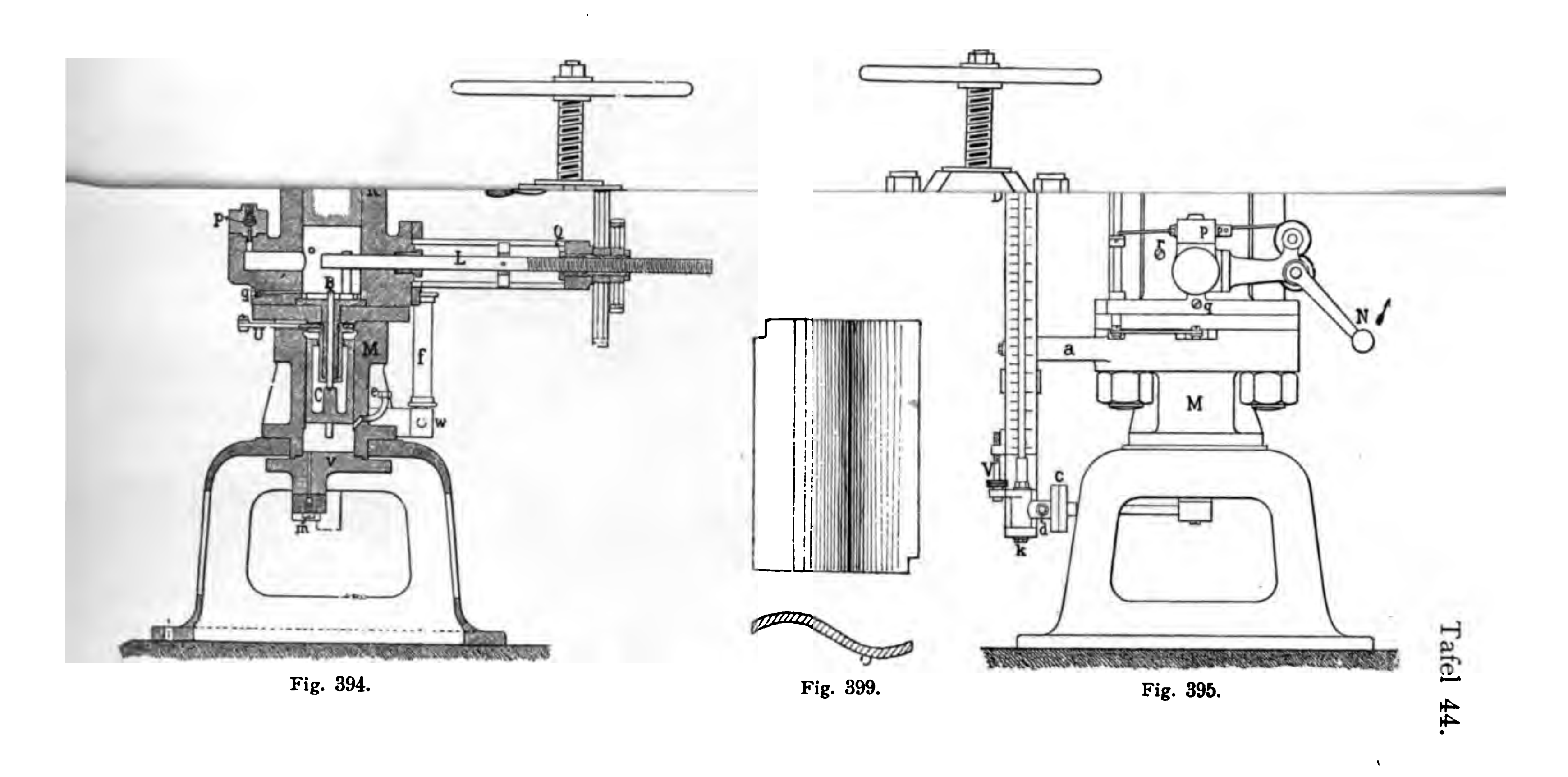


Fig. 394.

Fig. 399.

Fig. 395.





Fig. 396.

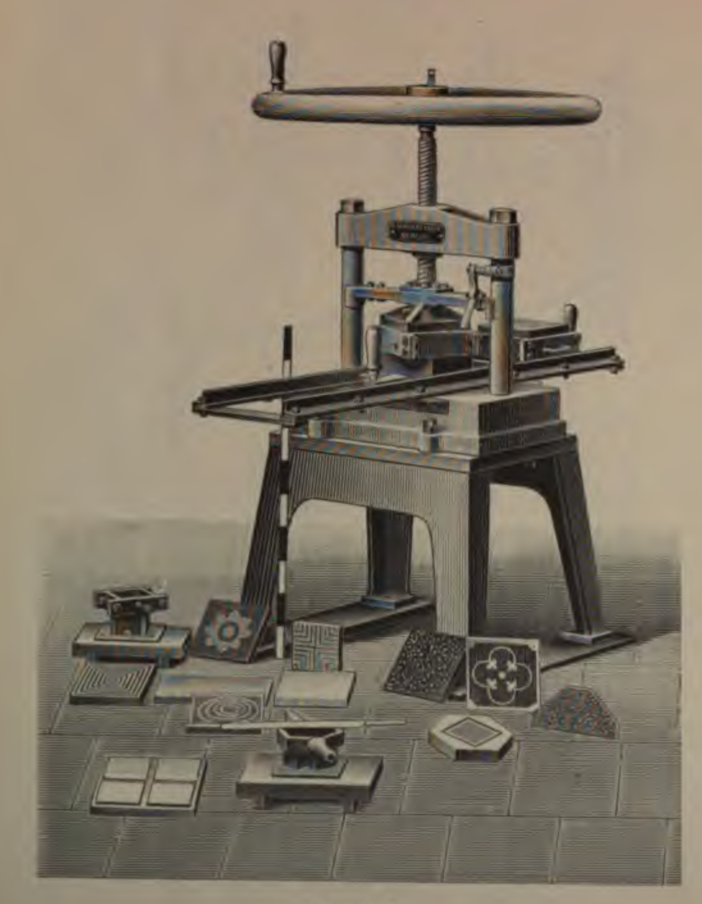
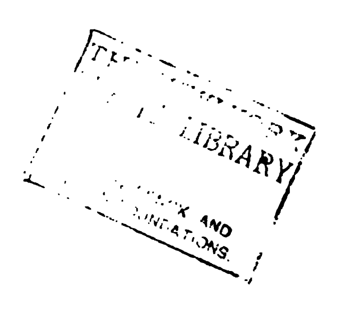


Fig. 397.



Tafel 46.

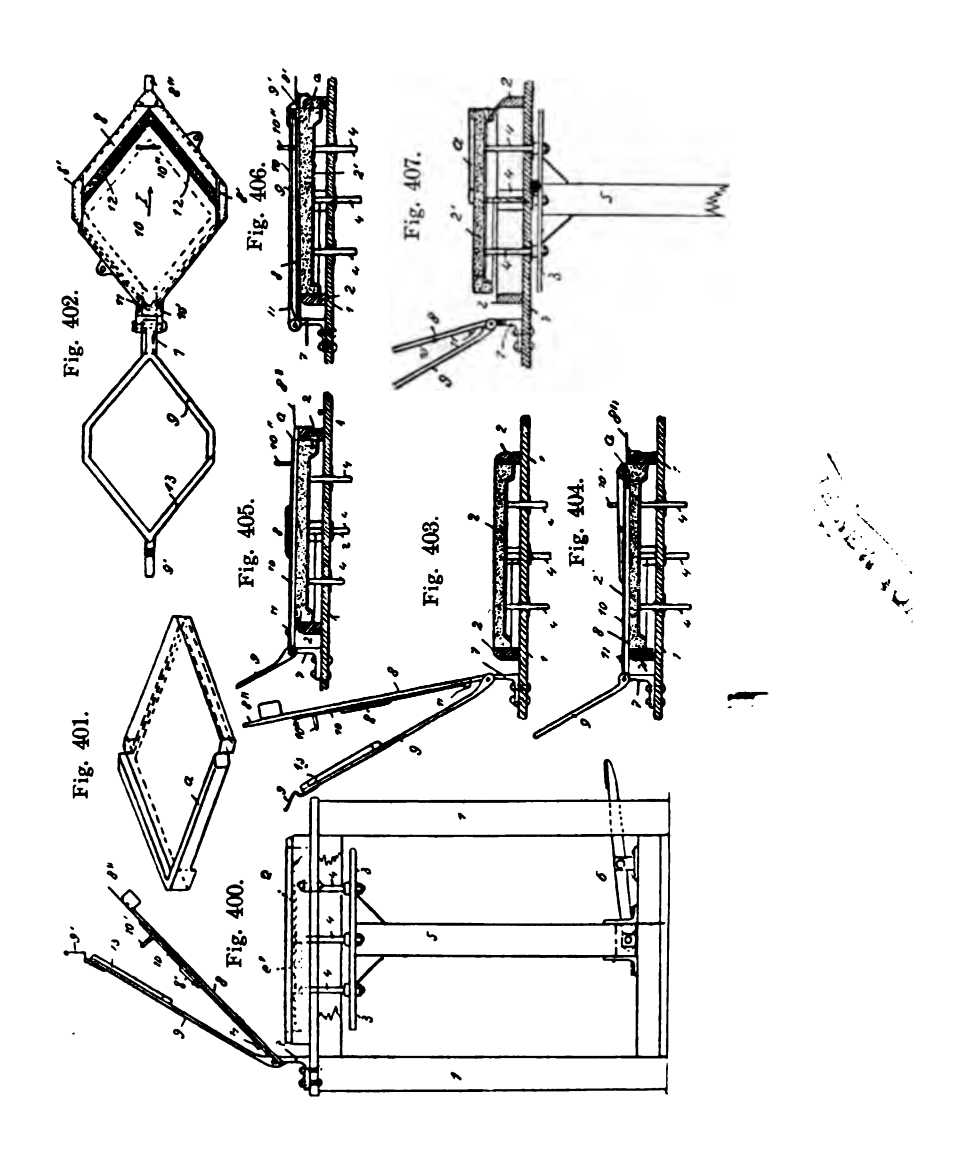




Fig. 396.

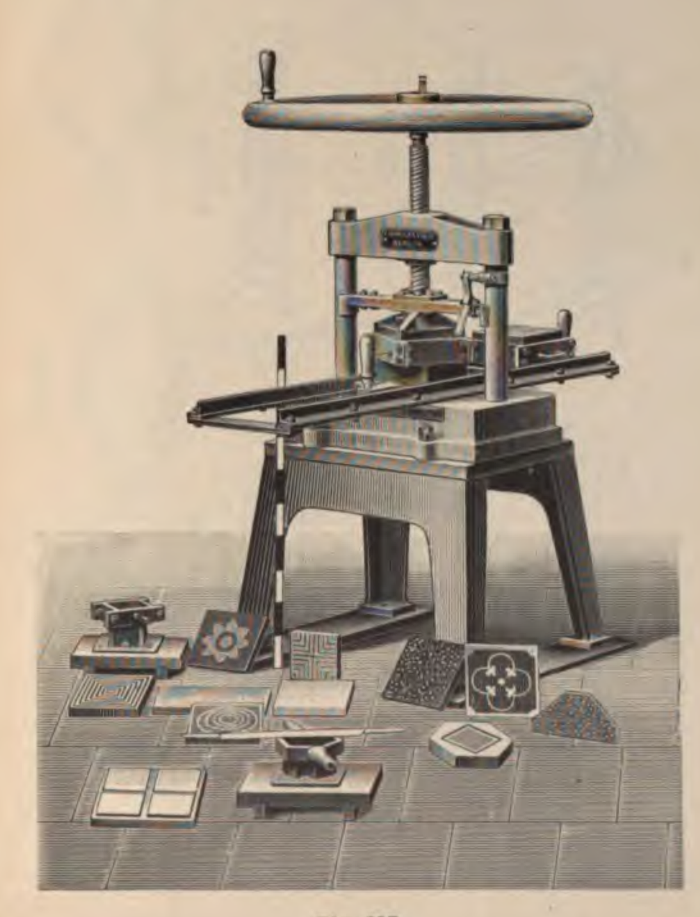
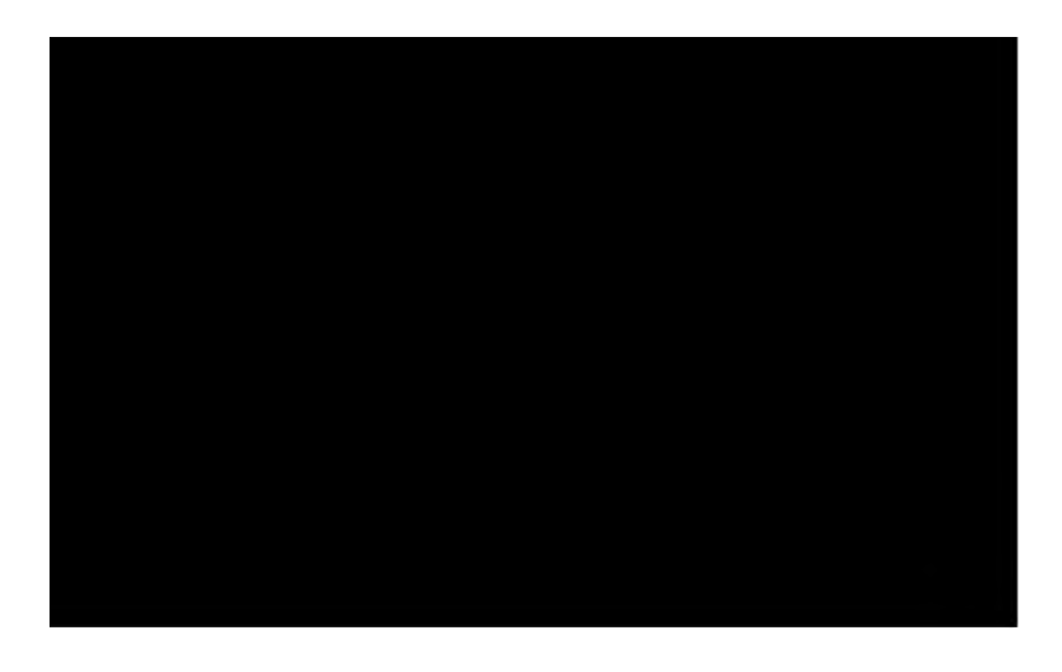


Fig. 397.



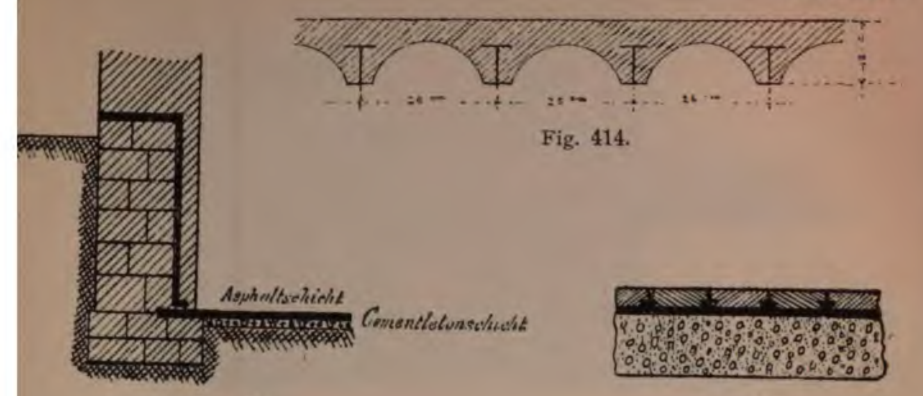


Fig. 414.

Fig. 418.

Fig. 417.

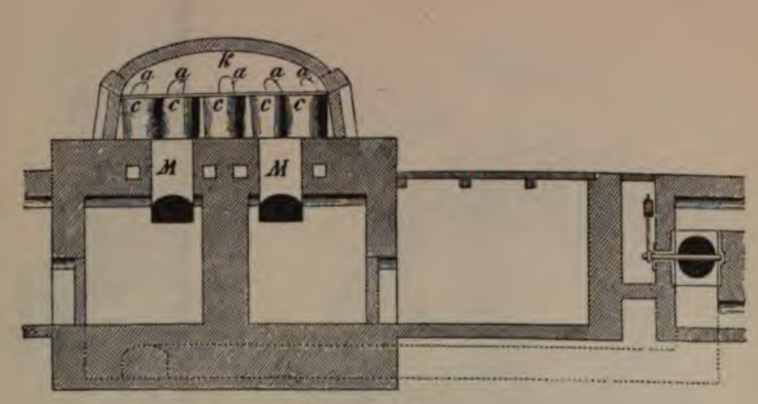


Fig. 419.

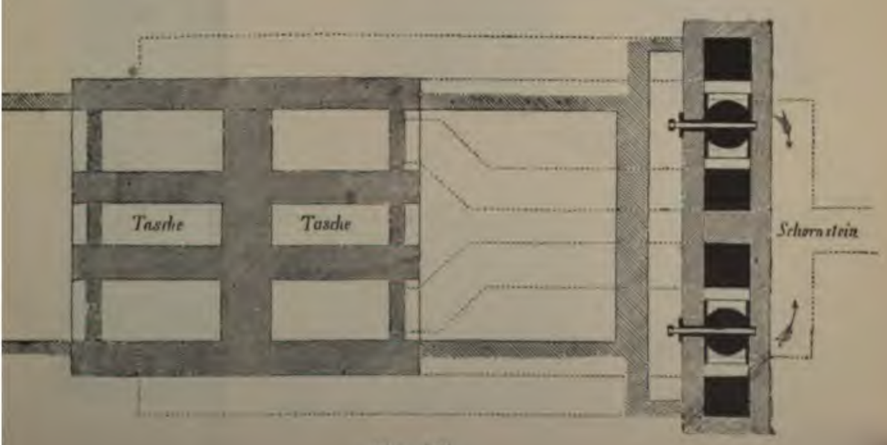


Fig. 421.

Fig. 422.

Fig. 424.

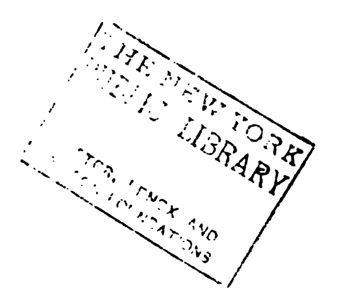


Fig. 430.

Fig. 431.

Fig. 435.

Fig. 432.

Fig. 433.

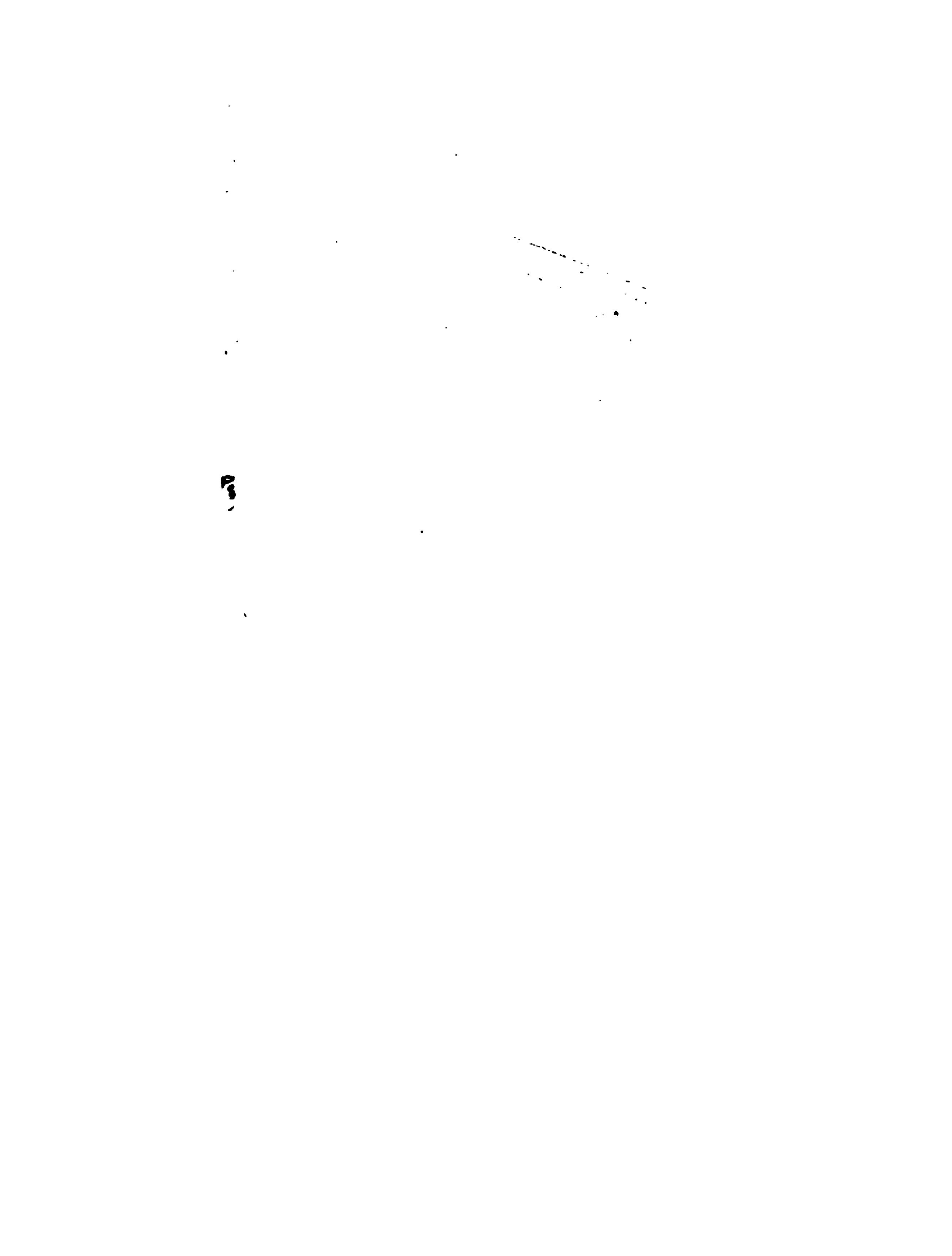
Fig. 434.

Fig. 436.

Fig. 437.

Fig. 438.

Fig. 439.



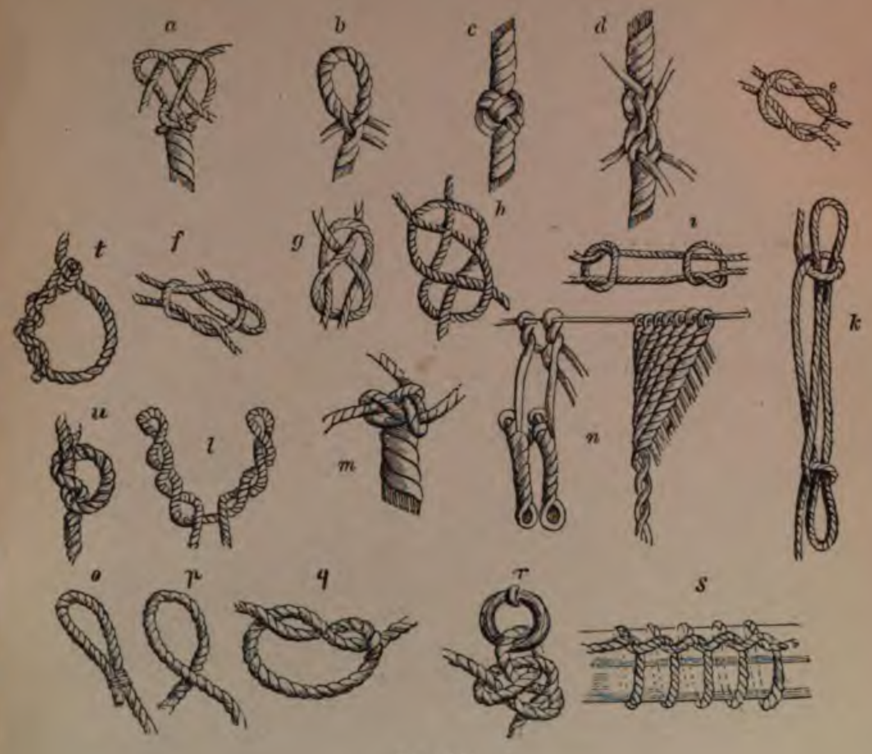


Fig. 441.



Fig. 440.



Fig. 442.

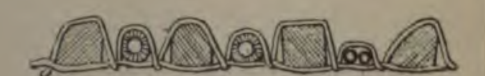


Fig. 443.

HANDBUCH

der

BAUSTOFFLEHRE

FÜR ARCHITEKTEN, INGENIEURE UND GEWERBETREIBENDE SOWIE FÜR SCHÜLER TECHNISCHER LEHRANSTALTEN

BEARBEITET

VON

RICHARD KRÜGER

IN ZWEI BÄNDEN MIT [illegible] ABBILDUNGEN

ZWEITER BAND

WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.



A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.



